

## ⑫ 公開特許公報(A) 昭62-94347

⑤ Int.Cl.<sup>4</sup>

B 41 J 3/04

識別記号

1 0 3

庁内整理番号

7513-2C

④ 公開 昭和62年(1987)4月30日

審査請求 未請求 発明の数 4 (全 21 頁)

⑬ 発明の名称 熱インクジェットプリントヘッド

⑭ 特 願 昭60-234565

⑮ 出 願 昭60(1985)10月22日

⑯ 発 明 者 間 中 順 二 東京都大田区大森西1丁目9番17号 リコー精器株式会社  
内

⑰ 出 願 人 リコー精器株式会社 東京都大田区大森西1丁目9番17号

⑱ 代 理 人 弁理士 小橋 正明

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

熱インクジェットプリントヘッド

## 2. 特許請求の範囲

1. インクを局部的に加熱して気泡をインク内に発生させそれにより該インクからインク滴を形成する熱インクジェットプリントヘッドにおいて、ノズル孔が設けられていると共に前記ノズル孔に連通しており且つ前記インクを充填可能なインク流路が設けられており、前記インク流路の空間内に少なくともその一部を空中に延在させた加熱手段が設けられていることを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

2. 特許請求の範囲第1項において、前記インク流路は基板とカバープレートとの間に形成されており、前記加熱手段は前記基板上に形成されており且つ前記基板の選択した箇所をエッチング除去して前記加熱手段の少なくとも一部を前記基板から離隔させたことを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

3. 特許請求の範囲第2項において、前記加熱手段は電流の通過によって発熱する加熱部を有していることを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

4. 特許請求の範囲第3項において、前記加熱部が架橋状に構成されていることを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

5. 特許請求の範囲第3項において、前記加熱部が片持梁状に構成されていることを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

6. 特許請求の範囲第3項において、前記加熱部の少なくとも一部が蛇行形状に構成されていることを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

7. 特許請求の範囲第3項において、前記加熱部の少なくとも一部が環状形状をしていることを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

8. 特許請求の範囲第3項において、前記ノズル孔は前記カバープレートの所定箇所に穿設して設けられていることを特徴とする熱インクジェ

ットプリントヘッド。

9. 特許請求の範囲第8項において、前記加熱部は前記ノズル孔と整合して配設されていることを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

10. 特許請求の範囲第8項において、前記加熱部は前記ノズル孔と少なくとも部分的にズラして配設されていることを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

11. 特許請求の範囲第3項において、前記ノズル孔は前記カバープレートと前記基板との間に配設されていることを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

12. 特許請求の範囲第3項において、前記ノズル孔は前記基板の所定箇所に穿設して設けられていることを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

13. 特許請求の範囲第12項において、前記ノズル孔は前記基板を異方性エッチングすることによって先細形状に形成されていることを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

- 3 -

ットプリントヘッド。

18. 特許請求の範囲第17項において、前記加熱手段と前記温度検知手段とは実質的に同一の構成を有することを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

19. 特許請求の範囲第2項において、前記基板と前記基板との間に所定の形状の孔を穿設した封止プレートを挟着させたことを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

20. インクを局所的に加熱して気泡をインク内に発生させそれにより該インクからインク滴を形成する熱インクジェットプリントヘッドにおいて、1表面上に絶縁層を被着形成した基板の所定箇所を前記1表面と反対表面側から前記1表面に達する迄エッチング除去して前記絶縁層の選択部分によってダイヤフラムを形成し、前記ダイヤフラム上に加熱部を配設させて加熱手段を前記絶縁層上に付着形成し、前記絶縁層と所定距離離隔させてカバープレートを設けてインク流路を形成すると共に前記カバープレートにノズル孔を穿設

- 5 -

14. 特許請求の範囲第3項において、前記加熱手段は前記加熱部の両端に接続された一対のリード部を有しており前記リード部は前記基板上に付着形成されると共に前記加熱部の方が前記リード部よりも電氣的抵抗が実質的に大きい様に設定されていることを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

15. 特許請求の範囲第14項において、前記加熱部と前記リード部とは同一の物質から形成されており前記加熱部の断面積が前記リード部の断面積よりも小さく形成されていることを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

16. 特許請求の範囲第1項、第2項、第3項及び第14項の内の何れか1項において、前記基板上に絶縁層が形成されており、前記加熱手段のリード部は前記絶縁層の上に被着形成されていることを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

17. 特許請求の範囲第1項において、前記加熱手段の近傍に前記インクの温度を測定する温度検知手段を配設したことを特徴とする熱インクジ

- 4 -

し、前記インク流路内のインクを前記ノズル孔から噴出させることによってインク滴を発生させることを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

21. 特許請求の範囲第20項において、前記加熱部は電流の通過によりジュール熱を発生し、前記加熱手段は前記加熱部の両端に接続する一対のリード部を有しており、前記リード部も前記絶縁層上に付着形成されていることを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

22. 所定箇所をエッチング除去して1表面に凹所を形成した基板、第1線膨張率を持っており前記1表面上に付着形成されると共に前記凹所上の空間に張り出して所定の形状に延在する張り出し部を有する第1層、前記第1線膨張率とは異なった第2線膨張率を持っており前記第1層の少なくとも前記張り出し部上に付着形成された第2層、前記基板の絶縁層から所定距離離隔して配設しノズル孔を穿設したカバープレート、少なくとも前記張り出し部を加熱し前記第1及び第2線膨

- 6 -

張力の差異によって前記張り出し部を屈曲させる加熱手段、とを有することを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

23. 特許請求の範囲第22項において、前記加熱手段は前記第2層に電流を通過させることによって前記第2層の加熱部においてジュール熱を発生させるものであることを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

24. 特許請求の範囲第1項、第2項、第3項及び第23項の内の何れか1項において、前記第1層は $Ta_2O_5$ 、 $SiO_2$ 、 $Si_3N_4$ 、 $Al_2O_3$ から選択された物質で構成されており、又第2層はTa、Ti、V、Cr、Ni、Mo、Pt、 $TaN_x$ 、TiN、SiC、WC、NiCr、ステンレス、PtIr、PtRhから選択された物質で構成されていることを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

25. 特許請求の範囲第24項において、前記基板はSi、V、Mo、Cr、Ni、NiCr、ステンレス、樹脂から選択した単層又はこれらのラミネート構造で構成されていることを特徴とする熱インクジ

ェットプリントヘッド。

26. インクを局所的に加熱して気泡をインク内に発生させそれにより該インクからインク滴を形成する熱インクジェットプリントヘッドにおいて、ノズル孔が設けられていると共に前記ノズル孔に連通しており且つ前記インクを充填可能なインク流路が設けられており、前記インク流路内のインクを局所的に加熱して気泡を発生させる加熱手段が設けられており、前記加熱手段は前記気泡を前記ノズル孔へ向かって成長させる加熱部を有することを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

27. 特許請求の範囲第26項において、前記加熱部は少なくとも部分的に前記インク流路内の空間を延在して設けられていることを特徴とする熱インクジェットプリントヘッド。

### 3. 発明の詳細な説明

#### 技術分野

本発明はインクジェットプリンタ等に使用するインクジェットプリントヘッドに関するものであ

- 7 -

って、更に詳細には、熱エネルギーを駆動源として利用し印字用のインク滴を発生させる熱インクジェットプリントヘッドに関するものである。

#### 従来技術

熱インクジェットプリンタは公知であり、これは所謂オンデマンド型のインクジェットプリンタであって、その動作原理によれば、インクを局所的に加熱させて気泡を発生させ、その時の気泡による排除体積を駆動力としてインクをノズル孔から射出させてインク滴を形成し印字させる。第1図は従来の熱インクジェットプリンタに使用されるプリントヘッドの概略図である。図示した如く、このプリントヘッドにはインク流路1が形成されており、その一端にはノズル孔1aが形成されており、またその他端はインク供給路2に連通されている。インク流路1内にはインク3が充填されており、通常は、ノズル孔1aにおいて、インク3は表面張力によってメニスカスを形成している。インク流路1を画定する壁の所定の箇所にはヒータ4が被着形成されており、ここを瞬間的に加熱

させることによってヒータ1上に膜沸騰を起させ、その結果ヒータ4上に気泡5が発生される。従って、気泡5の発生による排除体積によって、インク3がノズル孔1aから部分的に押し出され、その押し出された部分3aはやがてインク滴を形成する。この場合の加熱は、電流パルスヒータ4に印加してジュール発熱を起させることによって行なわれ、従って、パルスが終了すると、ヒータ4はインク3によって急冷されて気泡は消滅し、新たなインクがインク流路1内に供給される。

この様な従来の熱インクジェットプリントヘッドによって、オンデマンド型の印字動作を行なわせることが可能であるが、ヒータ4がインク流路1の壁上に被着して設けられているので、ヒータ4から発生された熱はヘッド本体側へ熱伝導によって散逸される。従って、ヒータ4の加熱効率が悪く、パルス電流を印加した場合のヒータ4の温度上昇の立上りが比較的緩やかとなり充分な膜沸騰を発生させることが出来ない等の欠点がある。又、ヒータ4と比べ本体の熱容量が多きので、所

- 8 -

- 9 -

- 10 -

定の温度にヒータ4が到達するのにかなりの時間を必要とし、消費電力が大きばかりか、熱的な周波数応答が低く印字速度が制限される等の欠点もある。

#### 目 的

本発明は以上の点に鑑みなされたものであって、上述した如き従来技術の欠点を解消し、熱効率を向上させると共に印字速度も向上させた熱インクジェットプリントヘッドを提供することを特徴とする。本発明の別の目的とするところは、製造が容易であり特に高密度のマルチノズル構成とするのに適した熱インクジェットプリントヘッドを提供することである。

#### 構 成

本発明の1側面においては、プリントヘッド内に形成したインク流路内にヒータを配設してインク流路内のインクを局所的に加熱し気泡をさせるが、このヒータを少なくとも部分的にインク流路内の空間に空中に延在させて設け、これによりヒータからプリントヘッド本体乃至は基板に熱が散

逸されることを極力防止している。この様な構成によれば、ヒータから基板への熱伝導による熱の散逸を最少とすることが可能となる。従って、所定の温度に加熱する場合の消費電力は減少され、一方熱応答性が改善されるので、印字速度を著しく向上させることが可能である。

本発明の別の側面によれば、ヒータを2層構成として、夫々の層を異なった線膨張率の物質で構成する。この様な構成においては、例えば電流を印加させてジュール発熱させると、ヒータは夫々の層の線膨張率の差から所定の方角へ屈曲し、この屈曲動作によってインクは部分的に運動エネルギーが与えられ、これによってインク滴を構成させることが可能である。この場合に、ヒータの発熱によって気泡が発生される場合には、気泡発生による体積排除とヒータの屈曲運動による運動エネルギーの付与とによってインク滴が効果的に発生される。

本発明の更に別の側面によれば、インク流路内にヒータを配設して気泡を発生する場合に、その

- 11 -

気泡がノズル孔に向かって順次成長する様に構成し、従って気泡成長仮定における体積排除がインク流路内のインクの一部にノズル孔へ向かって運動エネルギーを付与させ、効果的にインク滴の発生を行なうことを可能とする。この場合には、ヒータをインク流路の壁上に被着して設けても良いが、好適にはインク流路の空間内に張り出して設けるのが良い。

以下、添付の図面を参考に、本発明の具体的実施の態様に付いて詳細に説明する。

第2図及び第3図は本発明の熱インクジェットプリントヘッド10の1実施例を示している。図示した如く、本発明の熱インクジェットプリントヘッド10は、基板11を有しており、基板11の1表面上には異方性エッチングによって溝乃至は凹所11aが形成され、これによりインク室13が画定されている。基板11の凹所11aが形成されている表面側には所定距離離隔してカバープレート12が配設されている。カバープレート12は、第3図には図示していないが、スパーサ

乃至は封止プレートのカバープレート12と基板11との間に介設させて基板11から所定の距離に位置させている。従って、基板11とカバープレート12との間にはインク供給路14が形成されており、このインク供給路14はインク室13と共にインク流路を構成している。従って、インク室13とインク供給路14は通常インク液体15で充填されている。本実施例においては、カバープレート12の所定の位置にノズル孔12aが穿設されている。

インク室13内の空間に延在してヒータ要素の加熱部16aが配設されている。第3図から明らかな如く、基板11の1表面内に大略矩形状のインク室13が凹設されており、この凹所13を横断してヒータ要素16の加熱部16aが架橋状に設けられている。更に、加熱部16aの両端に接続して一對のリード部16b、16bが横方向に延在して設けられている。好適には、加熱部16aとリード部16bとは同一物質から同時に付着形成されるが、例えば図示した如く、加熱部16

- 12 -

- 13 -

- 14 -

aの幅はリード部16bの幅より実質的に幅狭に設定され、従って加熱部16aの電気抵抗がリード部16bのそれよりも実質的に大きくなる様に設定されている。従って、ヒータ要素16の両端間に電流を通電すると、リード部16bでは実質的にジュール発熱することは無いが、加熱部16aにおいてはジュール発熱によってかなりの発熱が行なわれる。この場合に、実質的な発熱を行なう加熱部16aはその殆どが凹所13に架構状に設けられており、インク室の空間内を延在しており、基板11と接触する部分は可及的に最少とされている。一方、リード部16bは基板11の表面上に付着形成されているが、この部分の抵抗は加熱部16aと比較して実質的に小さく設定されている。

この様な構成においては、ヒータ要素16に電流を例えばパルス状に通電させると、リード部16bでは実質的に発熱を行なうことはなく、発熱は加熱部16aで実質的に行なわれる。従って、加熱部16aはインク室13の空間内に延在して設

けられており、それは殆どその全体がインク15に接触しているので、加熱部16aから発生された熱は有効的にインク15へ伝達される。この様に、加熱部16aから発散される熱はその全てが周囲のインク15によって吸収され、基板11へ熱伝導によって逃げる事が回避され、従来技術に比べて遙かに熱効率が低い。

ヒータ要素16に通電して加熱部16aが発熱すると、加熱部16aの表面で膜沸騰が行なわれ気泡が発生する。従って、インク室13内のインク15は気泡の体積分だけ排除されることとなるが、本実施例においては、インク室13の体積が比較的大きく設定されており、従ってインク室13から基板11とカバープレート12との間の空間に形成されたインク供給路14への流体抵抗は高くなっている。従って、細長プレート状の加熱部16aの周囲に発生される気泡によって排除されたインク15はインク室13を流動して効果的にノズル孔12aの方へ移動し、その結果インク滴15aが発生される。インク滴15aは不図示

- 15 -

の記録媒体へ向かって空中を飛行する。尚、第2図に示した状態は、ヒータ要素16に通電しない状態を示しており、従って加熱部16aの周囲には気泡は発生しておらず、ノズル孔12aにおいては、インク15は表面張力によってメニスカス15bを形成している。

この様に、ヒータ要素16に通電を行なってインク滴15aを形成する場合に、従来技術の如く加熱部の略全体が基板上に接触して設けられている場合には、1ドット当りの加熱電力は代表的に $20V \times 0.5A$ であるが、本発明の構成によれば、 $10V \times 0.05A$ 程度であり、従って著しく低消費電力とすることが可能となる。これにより、本発明の構成によれば、マルチノズルにおいても低消費電力で電源部がコンパクトになり電源として電池を使用した電池駆動型とすることが可能であり、この為にポータブルのインクジェットプリンタとすることが可能である。

更に、基板11に凹所を凹設してインク室13を設ける構成とした場合には、気泡発生によるイ

- 16 -

ンク室13内のインクの流動は流体抵抗の大きなインク供給路14へ波及されることが実質的に阻止されるので、隣接するノズル孔間が互いに干渉することが実質的に防止され、高密度のマルチノズル構成とすることを可能とする。又、前述した如く、従来技術においては、熱的な応答が緩慢である為、気泡形成の制御を俊敏に行なうことが不可能であり、その為に熱的なロスやオーバーヒートによるヒータ要素の寿命が劣化するという問題があった。一方、本発明の構成においては、熱的な応答が俊敏であり、発熱温度を周囲の状況に応じてきめ細かく制御することが出来るので、熱効率は高く又寿命は長期化される。尚、第2図及び第3図に示したプリントヘッド10の全体的構成は更に第5図に斜視図で示してあり、ヒータ要素16はリード部16bの端部に電極部16cが設けられていることが分かる。

次に、第4a図乃至第4c図を参照して、第2図、第3図、及び第5図に示した熱インクジェットプリントヘッド10の動作原理に付いて説明す

- 17 -

- 18 -

る。第4a図は、加熱部16aに通電される前の状態を示しており、インク室13内のインク15は架橋状の加熱部16aの周囲に接触しており、又ノズル孔12aにおいて表面張力によってメニスカス15bが形成されている。第4b図は加熱部16aにパルス状電流を通電させた直後の状態を示しており、加熱部16aの表面上で膜沸騰が起こり気泡17が発生し始めた状態を示している。次いで、第4c図は加熱部16aの周囲に気泡17が成長された状態を示しており、この場合に、プレート状の加熱部16aの上側のみならずその下側にも気泡が発生されている。気泡17の発生により排除された体積に相当するインクはインク室13から押し出される分けであるが、その場合にインク室13からインク供給路14への流体抵抗は比較的大きいので、排除されたインクはノズル孔12aの方へ流動され、そこを通過して排出されてインク滴15aを形成する。この様に、加熱部16aの両面に気泡17が発生し、その排除体積が有効にインク滴15aの形成に利用される

- 19 -

して配設した場合の実施例を示している。更に、第8b図は、ブリッジ状の加熱部16aをノズル孔12aとは全くオーバーラップさせずに互いに相対的に横方向へズラせて配設させた場合の実施例を示している。尚、上述した何れの実施例においても、加熱部16aはノズル孔12aと不整合に且つインク室13の一端に偏移させて配置されており、加熱部16aの周りに発生する気泡によって排除されたインクがより有効にノズル孔12aへ向かって流動することを助長させている。

第9図乃至第14図はヒータ要素16を凹所13に対して架橋状ではなく、片持梁状に設けた幾つかの実施例を示している。即ち、第9図の実施例においては、矩形状の凹所13の右側の側部から凹所13で画定された空間内に片持梁状に一对のリード部16b、16bが延在しており、その先端部間を接続して幅狭の加熱部16aが形成されている。同様に、第10図の実施例においては、一对の片持梁状に延在する並設されたリード部16b、16bの先端部間にリング形状の加熱部1

ので、従来技術と比較して、効率が向上されている。

第6a図乃至第6c図はヒータ要素16の種々の実施例を示している。第6a図の実施例においては、一对の離隔された互いに平行なストリップ16a<sub>1</sub>及び16a<sub>2</sub>によって加熱部16が形成されており、第6b図の実施例においては、加熱部16是一对のアーム16a<sub>1</sub>とリング16a<sub>2</sub>とで形成されている。一方、第6c図に示したヒータ要素においては、加熱部16は蛇行形状部16a<sub>1</sub>から形成されている。更に、第7a図及び第7b図はカバープレート12に穿設するノズル孔12aを夫々先細形状12a<sub>1</sub>及び末広形状12a<sub>2</sub>に夫々形成した場合の実施例を示している。これらのノズル孔12aの形状は、例えばインク15の粘性等種々の条件に応じて適当に選択して使用することが可能である。

第8a図は、架橋状の加熱部16aをノズル孔12aに整合して配設する代りに、多少右側へズラして部分的にノズル孔12aとオーバーラップ

- 20 -

6aが設けられている。第11図の実施例では、蛇行形状の加熱部16aが一对のリード部16b、16bの先端間に接続して設けられている。第12図は第9図の構造を有するプリントヘッドのB-B方向に見た断面構造を示している。この場合には、加熱部16aがカバープレート12に穿設したノズル孔12aに整合して配設されているが、加熱部16aとノズル孔12aとは前述した如く不整合とさせることも可能である。

第13図及び第14図に示した実施例においては、基板11の凹所13を形成した1表面上に絶縁層18を被着形成しており、その絶縁層18はパターン形成された片持梁状の支持部18aを有しており、該支持部18aは凹所13で形成される空間内に張り出して延在している。従って、この実施例においては、ヒータ要素16の片持梁状のリード部16b、16bは絶縁層18の支持部18a上に被着形成されており二重構造の片持梁を形成している。後に詳述するが、この様に空中への張り出し部を二重構造とし、夫々を線膨張率

- 21 -

- 22 -

の異なる物質から構成することによって、張り出し部が加熱により振動を発生する。この機械的な振動運動による運動量をインク15に付与してインク滴15aの形成に有効に利用することが可能である。尚、基板11がシリコン基板である場合には、絶縁層18は二酸化シリコンとすると良い。

第15図の実施例は、基板11の1表面上に絶縁層18を全面に被着形成しており、その反対側の表面から基板11の選択部分を絶縁層18に到達する迄エッチング除去して凹所13を形成している。従って、凹所13によって露出された絶縁層18の部分はダイヤフラムを形成している。ヒータ要素16は絶縁層18の上に被着形成されており、従ってその加熱部はダイヤフラムの上に配設してもうけられる。本実施例においても、ヒータ要素16の気泡発生による体積排除による効果に加えて、絶縁層18とヒータ要素16とを夫々異なる線膨張率に設定することにより、ヒータ要素16の発熱によってダイヤフラムが振動を発生し、その際の機械的運動によりインク滴15

aの発生を助長することが可能となる。

第16図乃至第18図はインク室13へのインク導入用のインク供給路14を画定する為にスペーサとしても機能する封止プレート19をカバープレート12と基板11との間に介在させた場合の実施例を示している。第16図及び第17図に示した実施例の場合には、基板11の1表面に基板の一端側から所定距離延在する直線チャンネル形状の溝が形成されており、この溝はインク流路を形成しておりその一部はインク室13を画定すると共にその一部はインク供給路14を画定している。インク室13内の空間を延在する加熱部16aを持ったヒータ要素16が基板11上に設けられており、該インク流路の周囲を取りまく様にU形状の封止プレート19が基板上に形成され、更にその上にカバープレート12が配設されている。この様な構成とした場合には、インク室13及びノズル孔12aは全く独立となるので、マルチノズル形態とした場合にも、その他のノズルから悪影響を被ることは無い。

- 23 -

第18図の実施例においては、基板11の1表面をエッチング除去して凹所13を形成すると共に基板11の反対側の表面上にチャンネル溝を刻設してインク供給路14を形成しその一端部において凹所13と基板11を貫通して連通させている。基板11の凹所13を形成した上表面上には所定のパターン形状としたスペーサとしても機能する封止プレート19を被着して設けてあり、更にその上にはノズル孔12aを穿設したカバープレート12を配設してある。一方、基板11の下側表面にはバックプレート20が設けられており、インク供給路14を画定している。尚、これらの実施例においても、加熱部16aはノズル孔12aと整合させてあるが、前述した実施例における如く、不整合配置させることも可能である。

第19図乃至第21図の実施例は、基板11を異方性エッチングして貫通孔を設け、これをノズル孔として使用する場合を示している。即ち、第19図及び第20図に示した実施例においては、基板11を異方性エッチングによって先細形状の

貫通孔11bを設け、これによってインク室13を形成すると共にインク滴15a射出用のノズル孔を形成している。基板11と所定距離離隔してバックプレート20が配設されており、その間にインク供給路14が形成されており、又加熱部16aはインク室13の空間内を延在して設けられている。この実施例は構造が極めて簡単であり製造が容易である。又、ヒータ要素16とノズル11bの加工が一連のホトエッチングプロセスに組み込める為に位置合せ精度及び間隔が正確である。

第21図に示した実施例は上述した実施例の変形例であり、基板11の内側表面上に絶縁層18が被着形成されており、異方性エッチングによって先細のノズル孔11bを穿設する場合に、絶縁層18がインク室13内に突出する張り出し部18aを形成し、その張り出し部18a上にヒータ要素16の加熱部16aが被着形成されている。尚、この場合に、加熱部16aは張り出し部18aの縁に沿って延在して設けられている。

前述した如く、ヒータ要素16は単層に構成し

- 25 -

- 26 -

でも良いし、又多層構成にしても良いが、特に多層構成（例えば、前述した実施例では、絶縁層上にヒータ要素16を形成）とした場合には、その少なくとも1層を他の層の線膨張率と異なったものに設定することにより、発熱した場合にヒータ要素16が振動を発生し、この機械的運動をインク滴の発生に有効に利用することが可能である。次に、第22a図乃至第22i図を参照して、絶縁層で包囲された片持梁状のヒータ要素を製造する場合の1例に付いて説明する。

第22a図に示した如く、シリコン等の基板11の上に、任意の公知の膜製造方法により、二酸化シリコン等の絶縁層18を付着形成し、更にその上に順次モリブデン層16x、白金層16y、モリブデン層16zを形成する。次いで、第22b図に示した如く、層16xと16yと16zからなる複合層16の上にホトレジスト21をコーティングする。このホトレジスト21を所定のパターンに露光し現像することによって第22c図に示した如きホトレジストパターン21a、21

bを形成する。次いで、第22d図に示した如く、プラズマエッチングを行なって金属複合層16を選択的にエッチングする。その後、ホトレジストパターン21a、21bを剥離すると第22e図に示した構造となる。

次いで、第22f図に示した如く、構成体の表面全体に二酸化シリコンからなるパッシベーション膜22を付着形成させる。次いで、ホトレジストを被着させて露光及び現像を行ない第22g図に示した如きホトレジストパターン23を形成する。次いで、このホトレジストパターンをマスクとして使用してウエットエッチングを行ない二酸化シリコンを選択的にエッチング除去し第22h図に示した如き構造とさせる。次いで、ホトレジストパターン23を剥離し、その後、二酸化シリコンをマスクとしてシリコン基板11をその露出部分から公知の異方性エッチングを施すことによって部分16aの下側をアンダーカッティングさせて凹所13を形成しその際に部分16aを片持梁状の構成とさせる。尚、部分16aを架橋構

- 27 -

造とする場合も同様の異方性エッチングによるアンダーカッティングを利用すれば良い。本例においては、金属複合層16aはモリブデン、白金、モリブデンの3層構造であり、複合層16aは下地絶縁層18とパッシベーション用絶縁層16aによって周囲が完全に包囲されているが、複合層16aは所望により単層構成とすることも可能であり、又層16aは部分的に絶縁層で被覆される構成とすることも可能である。

次に、基板11として特にシリコンウエハを使用した場合の実施例に付いて第23図を参照して詳細に説明する。シリコン基板11の上表面が(100)面であり、そこにインク流路11aを異方性エッチングにより形成すると共にヒータ加熱部16aをアンダーエッチングによって形成する場合には、架橋構造の加熱部16aが(111)面に対して平行にならない様に図示例では $\theta = 45^\circ$ の角度に配置させる。第23図の実施例では、大略矩形形状のシリコン基板11の上表面にインク流路11aをその一端を基板11の端部に開放

して直線状に延在するチャンネル形状にエッチング形成し、その流路11aの終端近傍に45度の角度で架橋状に延在する加熱部16aを設けたヒータ要素16が設けられている。更に、ヒータ要素16と並列して検知要素26が設けられており、該検知要素26も同様に架橋構造を有する検知部26aと、その両端に接続された一対のリード部26b、26b、及び電極部26c、26cを有している。尚、検知要素26はヒータ要素16と同一の物質から同時に形成すると良い。検知要素26は検知部26aにおける電気的特性（例えば電気抵抗）の変化を検知してインク流路11a内のインクの状態、例えばインクの液温や流速、を測定する。基板11上にはノズル孔12aを穿設したカバープレート12を被着するが、その場合に、好適には両者間に所定の形状の封止プレート12を介設させると良い。尚、第23図には、単一のノズル孔12a及びインク流路11aのみ図示してあるが、基板11上にアレイ状にインク流路11aを刻設すると共にそれに対応してノズル孔

- 28 -

- 29 -

- 30 -



12aをアレイ状に配設させてマルチノズル構成とすることが可能である。

次に、シリコン基板を使用し、ヒータ及び検知体を片持梁構造とした場合の具体的実施例について第24図乃至第30図を参照して詳細に説明する。第24図乃至第26図は第27図及び第28図に夫々異なった箇所の断面構造を示した本発明熱インクジェットプリントヘッドの1例のカバープレート12と、封止プレート19と、基板11とを夫々示している。第26図に示した如く、シリコン基板11の上表面上には二酸化シリコン等の絶縁物質からなる絶縁層18が付着形成されており、該絶縁層18は所定の形状にパターン化されており、又基板11はその選択した部分がエッチング除去されてインク室13を画定する凹所が凹設されている。各インク室13の左端は共通インク供給路に連通されており、その右端近傍においては、片持梁状にインク室13内に張り出している絶縁層18の一对の支持部18aが形成されており、その上には夫々ヒータ要素16のリング

状加熱部16aと、検知要素26のリング状検知部26aとが形成されている。

第26図の実施例においては、ヒータ要素16の上側リード部16bと検知要素26の下側リード部26bとは共通リード36に共通接続されている。この様な構成を有する基板11上に第25図に示した矩形形状の窓19aを穿設した封止プレート19を被着し、次いでその上に第24図に示した如く円形のノズル孔12aを穿設したカバープレート12を被着させてプリントヘッドを完成する。尚、この様に組み立てられた場合に、矩形窓19aは大略インク室13の外周を取り囲んでインクが充填されるインク室13の範囲を画定し、更に、ノズル孔12aは大略ヒータ要素16のリング状加熱部16aに整合して配置される。この状態は第28図から明らかである。

第29図及び第30図に示したプリントヘッドは上述したプリントヘッドの変形例であり、この場合には、基板11の左端側に各インク室13の一端を開放させてノズル孔13aを画定しており、

- 31 -

又各インク室13の右端は基板11に刻設した共通インク供給路14に連通している。各インク室13内の空間に張り出して一对のリング状加熱部16aとリング状検知部26aとが夫々片持梁形状に形成されている。尚、第29図においては、ヒータ要素16及び検知要素26は夫々簡略的に図示してあることに注意すべきである。第30図から明らかな如く、基板11上には所定の形状を持った封止プレート19が被着されており、更にその上バックプレート20が被着して設けられている。従って、本例においては、基板11とバックプレート20とで基板11の1側部に横方向に指向したノズル孔13aを画定している。

次に、上述したヒータ要素16と検知要素26とを具備する実施例のヒータ及び検知駆動回路について第31図及び第32図を参照して説明する。第31図に示した如く、例えば基板11とカバープレート12との間に形成されたインク流路内に充填されているインク15をヒータ要素16の加熱部16aで局所的に加熱することによって気泡

を発生しその排除体積を利用してインク15をノズル孔12aから押し出してインク滴15aを形成すると共に、検知要素26の検知部26aによってインク15の温度を検知しその液温情報に基づいて加熱部16aの加熱駆動を制御し最適なインク滴15aを形成する。この為に、ヒータ要素16に接続されたヒータ駆動回路21はタイミング回路23とヒータ駆動制御回路24とに接続されており、同様に、検知要素26に接続された液温検出回路22もタイミング回路23とヒータ駆動制御回路24とに接続されている。

この場合に、第26図に示した実施例の如くヒータ要素16と検知要素26とを共通接続36させてヒータ駆動回路21及び液温検出回路22へ接続する構成とすることが望ましく、その様な好適変形例を第32図に示してある。尚、この場合に、共通接続部36は接地接続すると良い。

次に、特に第33図乃至第35図を参照して、ヒータ要素の架橋又は片持梁構造を多層構造として少なくともその一層の線膨張率を他の層のもの

- 33 -

- 34 -

と異ならせることによって多層構造体を機械的に振動させ、その振動現象を利用してインクに運動量を付与してインク滴の形成に寄与させる場合に付いて詳細に説明する。第33図及び第34図に示した実施例においては、基板11の上表面上に絶縁層18が被着形成されており、その絶縁層18が所定の形状にパターン形成されると共に基板11の選択した部分がエッチング除去されてインク室13を画定している。絶縁層18の一部はインク室13の空間内に片持梁状に張り出しており支持部18aを形成している。絶縁層18上にはヒータ要素16が形成されており、それは一対の互いに並設したリード部16bと、そこからインク室13の空間に片持梁状にやや斜めに互いに近接して延在する中間部16dと、その先端に接続されるリング形状の加熱部16aとを有している。従って、一対の中間部16dとリング状加熱部16aとが全体として片持梁形状に構成されており、それと略同等の形状を有する絶縁物質からなる支持部18a上に付着形成されて2層構成の片持梁

- 35 -

16aに気泡を発生させて、その排除体積をインク滴15aの形成に利用するとより効果的である。更に、第33図及び第34図に示した実施例においては、リング形状の加熱部16aをノズル孔12aの右側へズラせて位置させているが、例えば、加熱により片持梁構成体が上方向へ屈曲される場合には、加熱部16aをノズル孔12aと整合させる構成とすることが良い。又、一般的には、白金と二酸化シリコンとは密着性が良く無いので、白金と二酸化シリコンとの間にモリブデン、クロム、チタン等の下地層を介在させるのが良い。

第35図は、片持梁が加熱により上方向に屈曲する実施例を示している。即ち、第35図の実施例は前述したものと多くの点で同じ構成を有しているが、基板11とカバープレート12との間にスペーサとしても機能する封止プレート19が介在されている。又、本例においては、基板11の上表面上に付着形成した絶縁層18の上にヒータ要素16を付着形成しており、更にその上に絶縁層18と同一の前縁材料でより大きな膜厚でオー

- 37 -

を形成している。

基板11の上方には所定距離隔してカバープレート12が配設されており、両者間にインク供給路14が形成されている。インク供給路14はインク供給源へ接続されており、通常インクで充填されている。カバープレート12の所定箇所にはノズル孔12aが穿設されており、インクが一部射出されて印字用のインク滴15aを形成する。この場合に、例えばヒータ要素16を白金で又絶縁層18を二酸化シリコンで形成した場合には、ヒータ要素16の線膨張率の方が絶縁層18のそれより大きく従って、リング加熱部16aが発熱して片持梁が加熱されると、点線で示した如く片持梁は下方へ屈曲する。従って、この屈曲運動によってインク室13内のインクは矢印で示した如く、大略時計方向に流動されて略ノズル孔12aの方向へ向かって押し長される。この様な片持梁の下方屈曲運動のみによってインクをノズル孔12aから射出させてインク滴15aを形成することも可能であるが、この場合に、リング加熱部

- 36 -

バーコート絶縁層22を付着形成してある。従って、本例の片持梁は、原理的には、3層構造を有しており、その上部層22と下部層18とは同一の絶縁性物質から構成されているが、上部層22を下部層18よりも大きな厚さに形成してあるので、ヒータ要素16により加熱された場合には、片持梁構成体は点線で示した如く、上方向へ屈曲する。従って、この上方向屈曲運動により、インクがノズル孔12aを介して外部へ押し出されインク滴が形成される。図示例の如く、片持梁構成体の先端部がノズル孔12aの近傍に位置させるのが好適であるが、ノズル孔12aから多少ズレて位置させることも可能である。更に、片持梁の屈曲運動のみならず、加熱部16aに気泡を瞬時に発生させてその時の排除体積をも利用してインク滴を形成することが望ましい。前述した如く、ヒータ要素16を白金で構成し且つ上部及び下部絶縁層18と22とを二酸化シリコンで構成する場合にはそれらの間に密着層として例えばモリブデンを介在させることが望ましい。

- 38 -

次に、第36図乃至第38図に示した実施例について説明する。第36図及び第37図に示した実施例では、基板11の上表面を選択的にエッチングしてインク室13とインク供給路14を有するインク流路を形成し、インク室の空間を延在させてリングを具備した加熱部16aがブリッジ状に設けられている。インク室13の一端側は基板11の1側部に固定したノズル孔13aへ連通しており、そこを介してインク液滴が射出される。本例においては、インク室13はインク流路のチャンネル幅を部分的に横方向に拡大して形成されている。この場合にも、前述した基板11の下方向へアンダーカットエッチングした場合と、同様の効果、即ちインク供給路14側への流れ抵抗を高め逆流を防止する効果を楽しむことが可能となる。本例の場合には、一回のエッチングでインク流路を形成することが可能であり、製造プロセスが簡単化される。尚、図示例においては、インク室13からノズル孔13aへかけて多少先細の形状とされているが、この遷移部分は同じ幅の儘

- 39 -

で、このオリフィス14aによって流れ抵抗が大きく設定され、インク室13からの逆流が防止される。更に、本例の変形例として、バックプレート20のリング加熱部16aに対応する箇所に点線で示した如く空洞部20aを形成しても良い。

次に、本発明の更に別の実施例について第39図及び第40a図乃至第40d図を参照して説明する。第39図の実施例においては、基板11の表面にチャンネル形状のインク供給路14を刻設すると共にそこから末広形状に拡開するインク室13が設けられている。インク室13は本例では先細形状の遷移部分を介して基板11の1側部に固定されたノズル孔13aに連通している。インク供給路14からインク室13へ遷移する末広部分に位地してリング加熱部16aがインク室13内に配設されており、リング加熱部16aは一對のリード部16b、16bに接続されている。

第39図の如き構成の動作原理について第40a図乃至第40d図を参照して説明する。第40a図に示した如く、リング加熱部16aが加熱さ

とするか或いは末広の形状としても良い。

第37図に示した如く、封止プレート19を介してカバープレート12が設けられている。尚、本例の変形例として、ノズル孔13aを閉塞して、カバープレート12の所望箇所に点線で示した如くノズル孔12aを穿設して設けても良い。

第38図は更に別の実施例を示しており、この場合には、基板11の選択箇所をエッチング除去してチャンネル状の溝を形成してインク室13を固定し、その一端側にノズル孔13aを固定してある。インク室内にはリング状加熱部16aを有するヒータが空中に延在して設けられている。基板11上にはスペーサとしても機能する封止プレート19を介してバックプレート20が設けられている。本例においては、バックプレート20に所定形状の溝を刻設してインク供給路14が形成されており、該インク供給路14はインク室13に連通されている。この場合に、インク供給路14とインク室13の接続箇所にオリフィス14aが形成される様に位置決めしてセットする。従っ

- 40 -

れると、膜沸騰を起し気泡17の成長が開始される。この場合にリング加熱部16aはインク供給路14とインク室13との境界近傍に位地されているから、発生された気泡17はインク供給路14を閉塞する。次いで、第40b図に示した如く、気泡17が成長されると、インク室13との接触角度、気泡17の表面張力の関係からノズル13aの方向へ気泡17が膨張して行く。この場合、インク供給路14はブロックされた儘であるのでそちら側へは圧力は伝達されない。この為、インク室13内のインク15はノズル孔13a側へ押し出され、インク供給路14側へは圧力が加わらないので、インク15の流れは一方向となる。これにより、インク15がノズル孔13aから射出されて、インク滴が形成される。

次いで、パルス電流が終了すると、第40c図に示した如く、リング加熱部16aは周囲のインク15によって急激に冷却され、気泡17は瞬時に消滅してインク液面15bは内部に引っ込む。次いで、第40d図に示した如く、インク供給路

- 41 -

- 42 -

14 から新たなインクがインク室13  
れてインク液面15bは表面張力によ  
ニスカスの状態に復帰する。この様に  
に拠れば、気泡17は積極的にノズル  
向かって成長する構成としてあり、従  
7の成長により、その排除体積に指向  
れその運動エネルギーを有効に利用して  
形成するものである。

第41図は、上述した実施例の変形  
おり、インク室13とノズル孔13a  
分に接続して別のインク供給路として  
給補助路30を設けた場合である。但  
合に、インク供給補助路30の方の流  
ンク室13とノズル孔13aとの間の  
流れ抵抗よりも大きく設定することが  
第42図は更に別の変形例を示してお  
分の流路内に流れ制御要素31を配設  
室13からのインクの流れと補助路3  
ンクの流れの割合を適切に設定するこ  
している。第43図は更に別の変形例

- 43 -

タ $T_1$ とを並列接続し、更に別のヒータ  
ミスタ $T_2$ との整列接続したものと直交  
夫々のノードに電圧 $V_1$ 及び電圧 $V_2$ を  
のである。この場合には、抵抗値は $T_1$   
定してあり、従って $H_1$ に電流が流れて  
で気泡が発生する。 $H_1$ と $T_1$ とは一体  
るので、 $T_1$ の温度も上昇しその抵抗値  
 $T_1$ に電流が流れる。次に $H_1$ の電流が  
サーミスタ $T_2$ の抵抗値が桁違いに低下  
 $T_1$ 、 $H_1$ 、 $T_2$ 、 $H_2$ の合成抵抗は小さ  
加電圧 $V_2$ に対して $T_2 \rightarrow H_2$ の経路で電  
る。そこで、 $H_2$ が発熱し、次に $T_2$ の  
し $H_2$ で気泡が発生する。 $H$ と $T$ が近接  
ている為に、同様に温度が上がる。し  
発熱し次に $T$ が過熱される為に、多少  
(数十 $\mu$ 乃至は数msec)があり、  
ル孔13a方向へ向かって移動させる。  
次に、第47図に示した実施例に付  
る。この場合も前述した実施例と同様  
ズル孔13aへ向かって成長させるも

- 45 -

- 44 -

本例では、インク供給路 14 からインク室 13 への末広遷移部分の末広壁に沿って大略 V 字形状で且つ蛇行形状の過熱部 16a を配設している。その動作を第 48a 図乃至第 48d 図を参照して説明する。第 48a 図に示した如く、過熱部 16a に電流パルスを加加させて過熱させると、夫々の壁に沿って一対の気泡 17、17 が発生される。次いで、第 48b 図に示した如く、気泡の凝集しようとする作用により一対の気泡は統合される。この場合、インク流路 14 に接続されている末広壁の狭くなっている側で先ず気泡の結合が起こり、表面張力の為に気泡は球形になろうとする効果も加わり、インク供給路 14 が閉塞される。同時に末広壁が拡開されている側では気泡の移動により新たなインクがヒータ面に供給される。次いで、第 48c 図に示した如く、新たなインクは過熱によって気化し気泡となる。インク供給路 14 側は狭い為に、気泡の表面張力、液と壁面の接触角度、及び管抵抗から気泡面の位置へ変らない。一方、反対側では、新たな気泡面の形成に伴い、表面張

り、この場合は、インク室13と補助路13との間の遷移部分の流路断面よりも補助路30からノズル孔13a迄の遷移部分30aの流路断面を大きく設定し、補助路30からのインクの吸いあげ効果を向上させている。第44図は更に別の変形例を示しており、この場合には、遷移部分30aに角度 $\alpha$ の傾斜を与えて末広形状としている。

次に、第 45 図及び第 46 図を参照して本発明別の実施例に付いて説明する。なお、これらの実施例も気泡の発生に指向性を与えてインク滴形成

力により図示した如く安定した形状の気泡が形成される。管抵抗及びノズルによる抵抗が小さいので、第48d図に示した如く、インクはノズル孔13a方向へ押し出される。気泡が成長すると、周囲のインク液で冷却されて、気泡が収縮、消滅する。

第49図は更に別の実施例を示しており、この場合には、過熱部16aの幅は順次その長さ方向に変化させてインク室13内においてその長手軸方向において所定の温度に到達する迄の時間を制御することにより気泡の成長に指向性を持たせ、インクのノズル孔13aへ無かったの押し出し効果を発揮させるものである。第49図の実施例のヒータ幅及び熱容量を長手軸方向に夫々第50a図及び第50c図に示してあり、又気泡を発生する迄の時間をヒータ位置の関数として第50c図に示してある。第49図の実施例の動作は第51図乃至第53図を参照することにより明らかである。尚、第51a図乃至第51c図は夫々の経過時間を横軸にとってあり、印加電圧を縦軸を取ってあ

る。又、第52a図乃至第52c図では、横軸にヒータ位置を縦軸に温度をとってある。更に、第53a図乃至第53c図では、横軸にヒータ位置を取ってあり、どこで気泡が発生するかを表している。尚、第51図乃至第53図において、それぞれのa乃至bは対応している。

#### 効果

以上詳説した如く、本発明によれば、消費電力を著しく減少させることが可能であり、又応答速度を上げることが可能なので、高速の印字を行なうことが可能である。更に、構造は簡単であるから、製造が容易であり、高精度の加工が容易で新規な機構が容易に付加できる。特に高密度のマルチノズルを構成するのに効果的である。

以上、本発明の具体的実施の態様に付いて詳細に説明したが、本発明はこれら具体例にのみ限定されるべきものではなく、本発明の技術的範囲を逸脱すること無しに種々の変形が可能であることは勿論である。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は従来の代表的な熱インクジェットプリントヘッドの構成を示した概略図、第2図は本発明の熱インクジェットプリントヘッドの1実施例を示した概略図、第3図は第1図のプリントヘッドの概略平面図、第4a図乃至第4c図は第1図のプリントヘッドの動作原理を説明する各説明図、第5図は第2図及び第3図のプリントヘッドの概略斜視図、第6a図乃至第6c図はヒータ要素16の種々の実施例を示した各平面図、第7a図及び第7b図はノズル孔の変形例を示した各概略断面図、第8a図及び第8b図は過熱部16aとノズル孔12aとの相対的位置関係の異なる各実施例を示した各概略断面図、第9図乃至第11図はヒータ要素16を片持梁構造とした場合の各概略平面図、第12図は第9図のB-B線に沿っての概略断面図、第13図はヒータ要素16を2層構造の片持梁とした場合の概略平面図、第14図は第13図のC-C線に沿っての概略断面図、第15図はダイヤフラム構成とした場合の概略断面図、第16図は基板11の表面に直線上のインク経路

を形成した場合の実施例の概略断面図、第17図はその分解概略斜視図、第18図は基板11の裏側表面にインク供給路を形成した実施例の概略断面図、第19図は基板11を異方性エッチングしてノズル孔を形成した場合の概略断面図、第20図はその分解概略斜視図、第21図はその変形例を示した概略断面図、第22a図乃至第22i図は本プリントヘッドの1実施例の製造方法の1例を示した各概略断面図、第23図はシリコンウエハを基板11として使用しヒータ要素16と並設して検知要素26を設けた場合の分解概略斜視図、第24図はカバープレート12の1例を示した概略部分平面図、第25図は封止プレート19の1例を示した概略部分平面図、第26図は基板11とその上にヒータ要素16と検知要素26とを並列して形成した実施例の概略部分平面図、第27図及び第28図は夫々第26図中のD-D線及びE-E線に沿っての各概略断面図、第29図は基板11の1側部にノズル孔13aを画定した場合の実施例の概略部分平面図、第30図は第29図

中のF-F線に沿っての概略断面図、第31図はヒータ要素16と検知要素26の駆動回路の1例を示した概略図、第32図はその変形例を示した概略図、第33図は片持梁状の2層構造のヒータ要素16を持った実施例を示した概略断面図、第34図はそのヒータ要素16とインク室13との位置関係を示した概略平面図、第35図はその変形例を示した概略断面図、第36図は基板11表面を横方向に部分的に拡大してインク室13を画定した実施例を示した概略部分平面図、第37図は第36図のG-G線に沿っての概略断面図、第38図はその変形例を示した概略断面図、第39図は発生される気泡の成長に指向性を付与する1実施例を示した概略平面図、第40a図乃至第40d図はその動作原理を示した各概略図、第41図乃至第44図はインク供給補助路30を設けた変形例を示した各概略平面図、第45図及び第46図はインク流路の長手軸に沿って複數個のヒータ要素を並設して発生される気泡の成長に指向性を付与する実施例を示した各概略図、第47図は

気泡の成長に指向性を付与する場合の変形例を示した概略図、第48a図乃至第48d図はその動作原理を示した各概略図、第49図は気泡の成長に指向性を付与する場合の別の変形例を示した概略図、第50a図乃至第50c図は第49図の構造の種々の特性を示した各グラフ図、第51a図乃至第51c図と第52a図乃至第52c図と第53a図乃至第53c図は第49図の動作原理を説明するのに有用な各グラフ図、である。

## (符合の説明)

- 11：基板
- 12：カバープレート
- 12a：ノズル孔
- 13：凹所又はインク室
- 14：インク供給路
- 15：インク
- 15a：インク滴
- 16：ヒータ要素
- 16a：加熱部

- 51 -

- 52 -

- 16b：リード部
- 16c：電極部
- 18：絶縁層
- 19：封止プレート
- 20：バックプレート
- 26：検知要素
- 26a：検知部

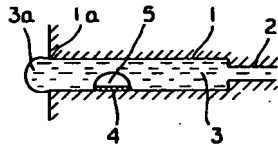
特許出願人      リコー精密株式会社

代理人      小   橋   正   明

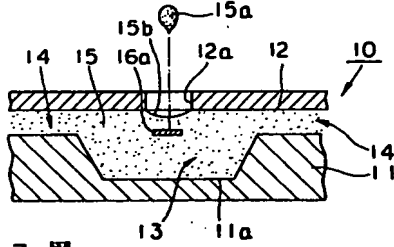


- 53 -

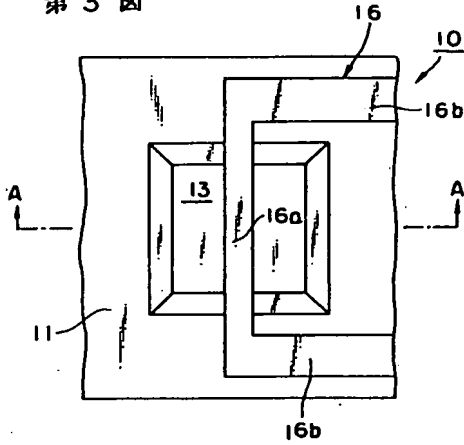
第 1 図



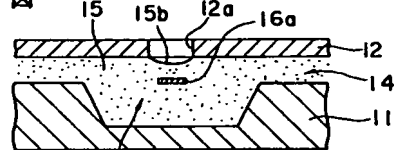
第 2 図



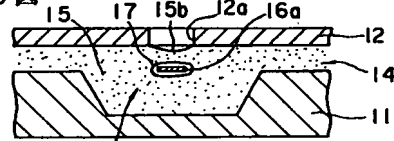
第 3 図



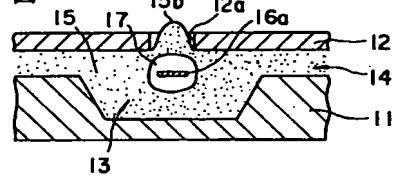
第 4a 図



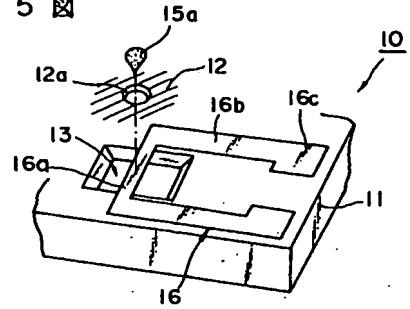
第 4b 図



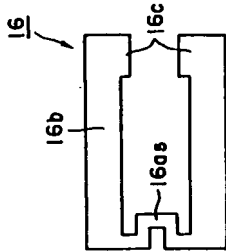
第 4c 図



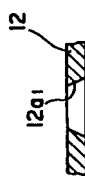
第 5 図



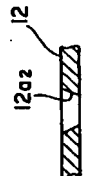
第 6c 図



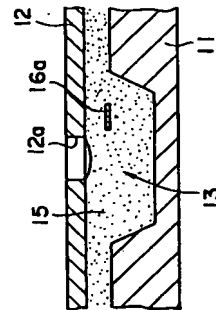
第 7a 図



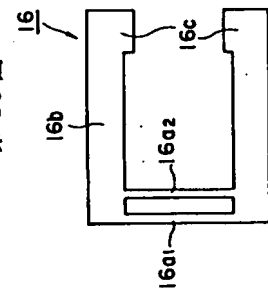
第 7b 図



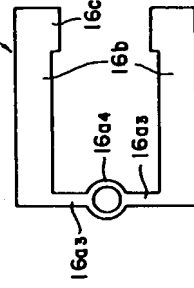
第 8b 図



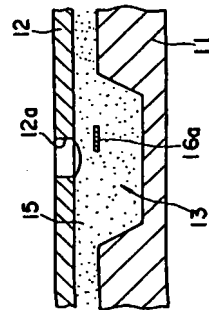
第 6a 図



第 6b 図

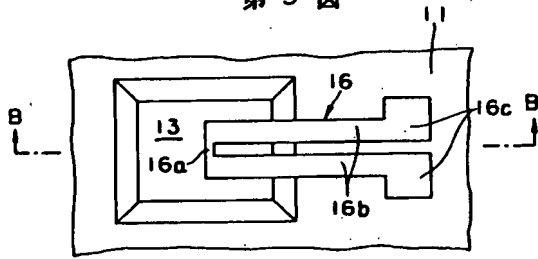


第 8a 図

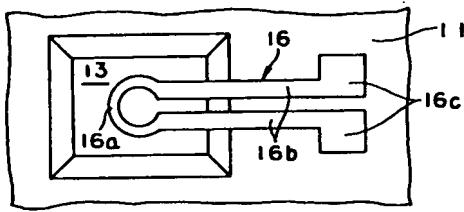




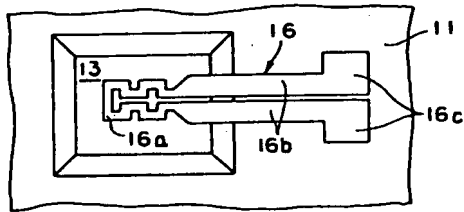
第 9 図



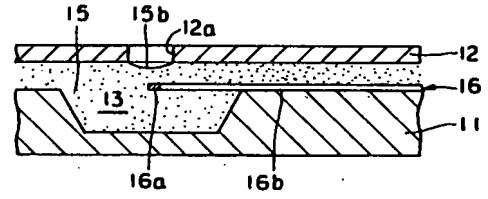
第 10 図



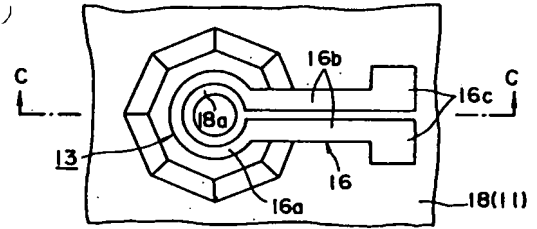
第 11 図



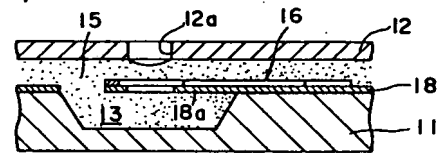
第 12 図



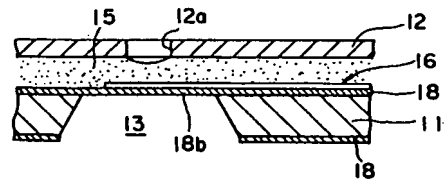
第 13 図



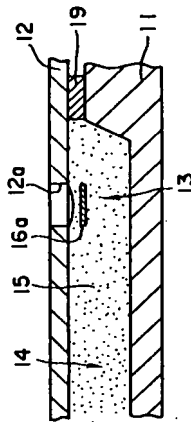
第 14 図



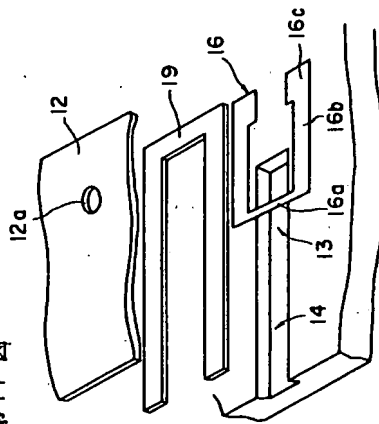
第 15 図



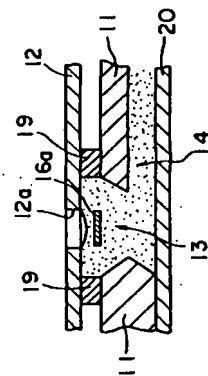
第 16 図



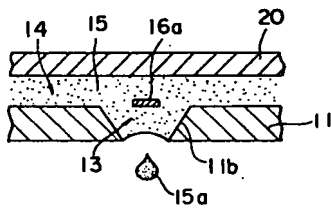
第 17 図



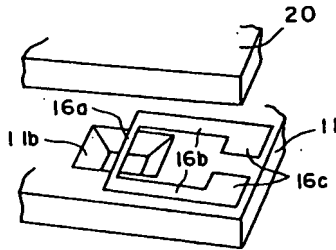
第 18 図



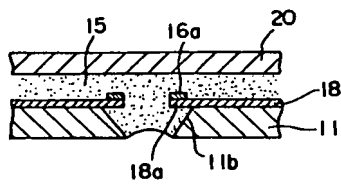
第19図



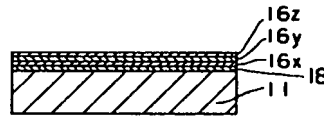
第20図



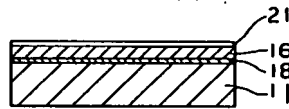
第21図



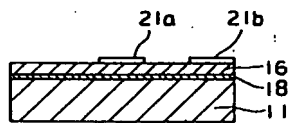
第22a図



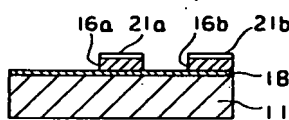
第22b図



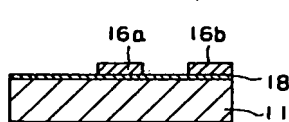
第22c図



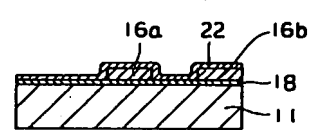
第22d図



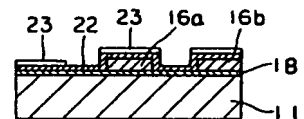
第22e図



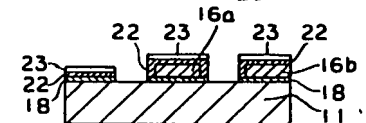
第22f図



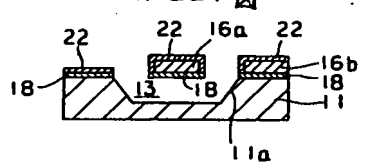
第22g図



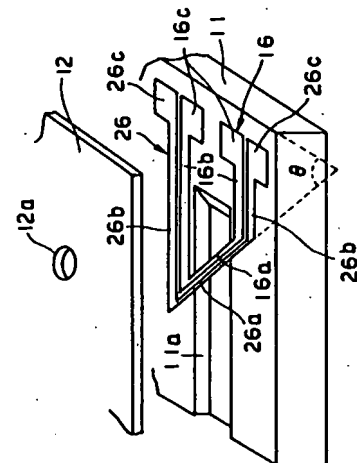
第22h図



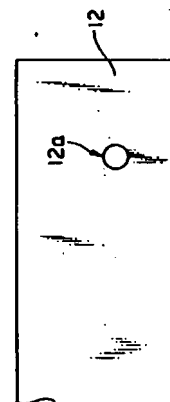
第22i図



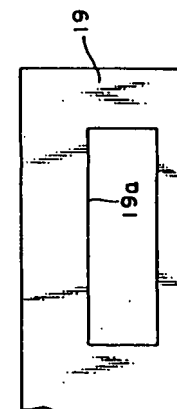
第23図



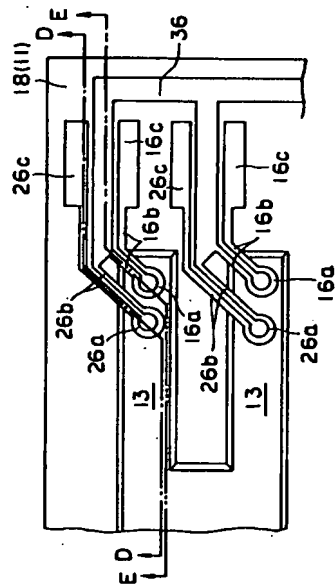
第24図



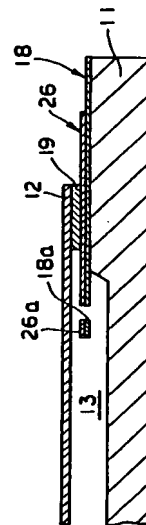
第25図



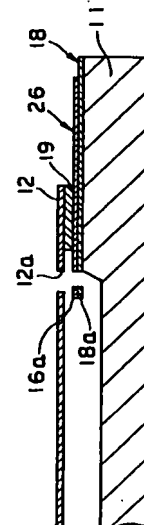
第26図



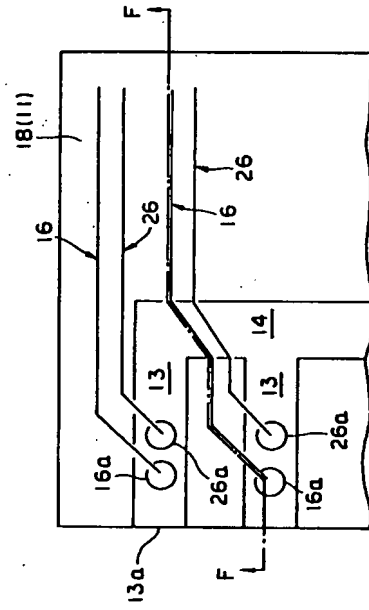
第27図



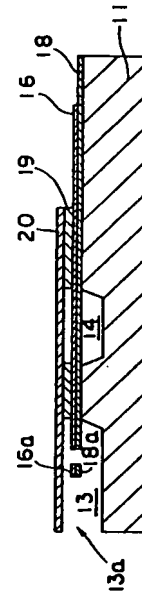
第28図



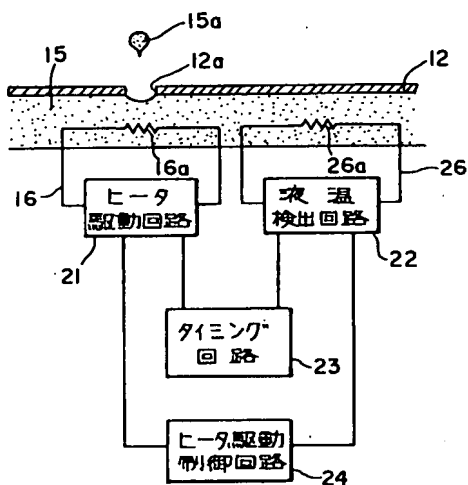
第29図



第30図



第31 図



第 32 図

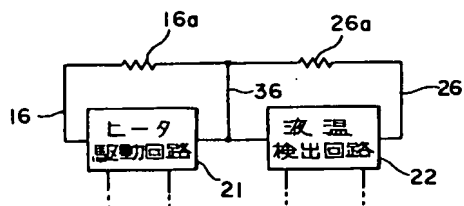


圖 36 採

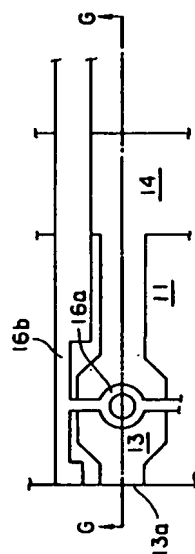


圖 37 集

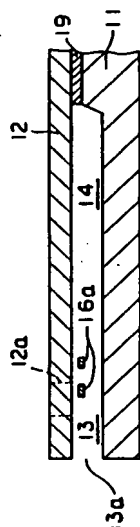
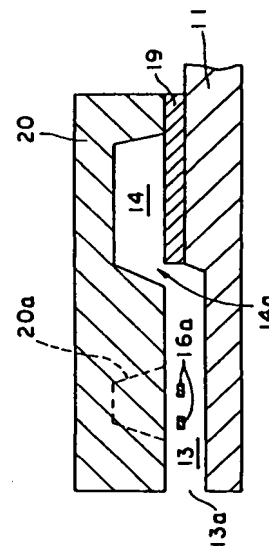
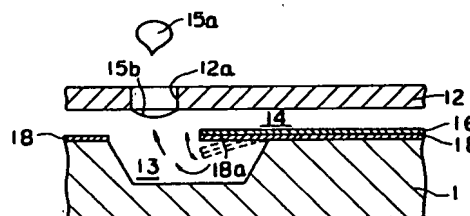


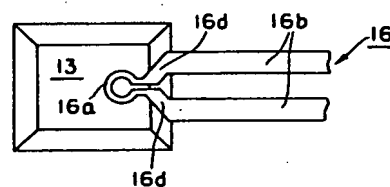
図 83 振



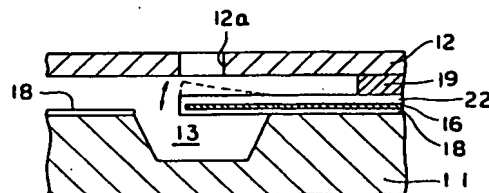
第 33 圖



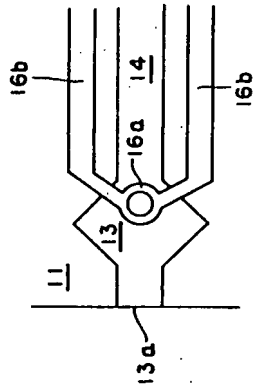
第 34 図



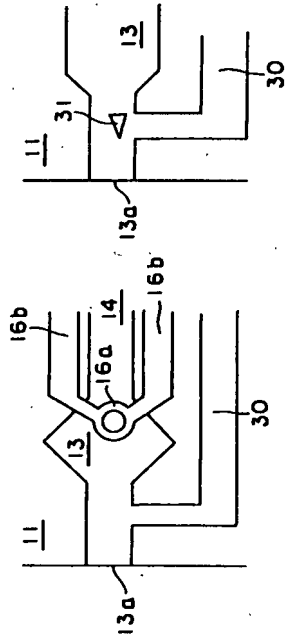
第 35 図



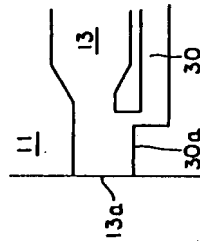
第39圖



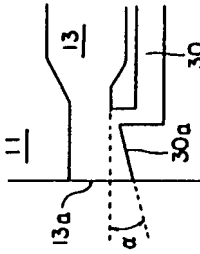
第42圖



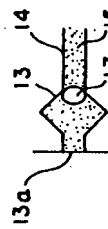
第43圖



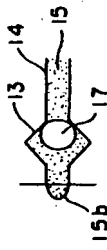
第44圖



第40a圖



第40b圖



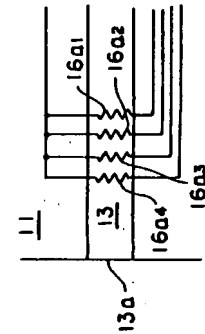
第40c圖



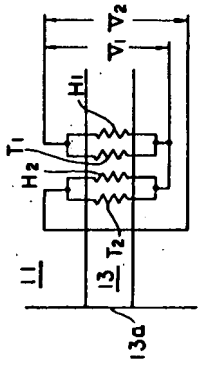
第40d圖



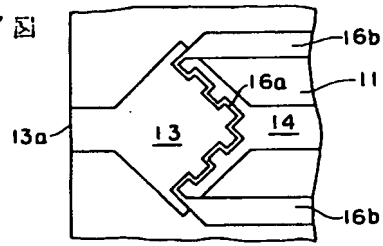
第45圖



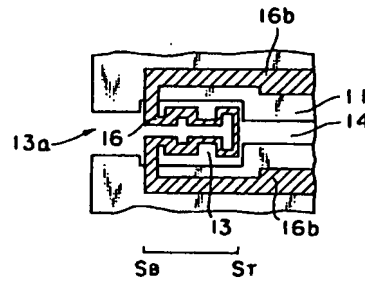
第46圖



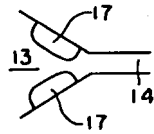
第47図



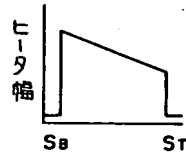
第49図



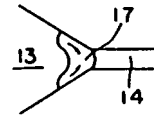
第48a図



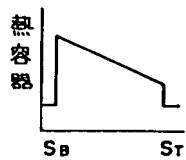
第50a図



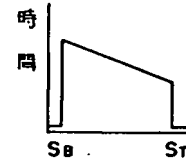
第48b図



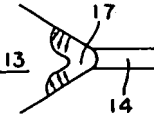
第50b図



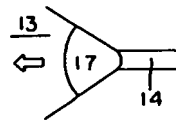
第50c図



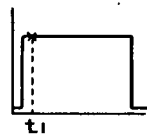
第48c図



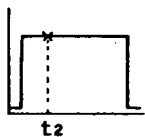
第48d図



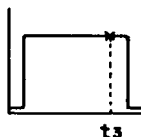
第51a図



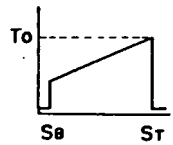
第51b図



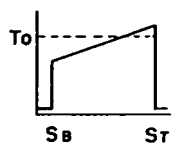
第51c図



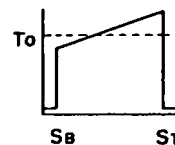
第52a図



第52b図



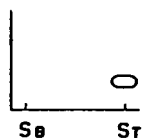
第52c図



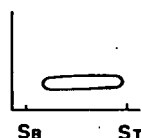
第53a図



第53b図



第53c図



PTO 07-5943

CC = JP  
19870430  
Kokai  
62094347

THERMAL INKJET PRINTING HEAD  
[Netsu inku jietto purinto heddo]

Junji Manaka

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE  
WASHINGTON, D.C. AUGUST 2007  
TRANSLATED BY: THE MCELROY TRANSLATION COMPANY

PUBLICATION COUNTRY	(19):	JP
DOCUMENT NUMBER	(11):	62094347
DOCUMENT KIND	(12):	Kokai
PUBLICATION DATE	(43):	19870430
APPLICATION NUMBER	(21):	60234565
APPLICATION DATE	(22):	19851022
INTERNATIONAL CLASSIFICATION <sup>4</sup>	(51):	B 41 J 3/04
INVENTOR	(72):	Junji Manaka
APPLICANT	(71):	Ricoh Seiki K.K.
TITLE	(54):	THERMAL INKJET PRINTING HEAD
FOREIGN TITLE	[54A]:	Netsu inku jietto purinto heddo



## Claims

1. A thermal inkjet printing head characterized by the following facts: ink is locally heated in the thermal inkjet printing head, and bubbles are generated in the ink so that an ink droplet is formed from said ink; a nozzle hole is set in this thermal inkjet printing head and, together with it, an ink flow channel is set connected to said nozzle hole and allowing filling of said ink; and, in the space of said ink flow channel, a heating means is set at least whereby a portion extends in the space.

2. The thermal inkjet printing head described in Claim 1 characterized by the fact that said ink flow channel is formed between a base plate and a cover plate, said heating means is formed on said base plate and a selected portion of said base plate is etched off so that at least a portion of said heating means is separated from said base plate.

3. The thermal inkjet printing head described in Claim 2 characterized by the fact that said heating means has a heating part that is heated as current flows in it.

4. The thermal inkjet printing head described in Claim 3 characterized by the fact that said heating part is formed in a bridge shape.

5. The thermal inkjet printing head described in Claim 3 characterized by the fact that said heating part is formed in a cantilever shape.

6. The thermal inkjet printing head described in Claim 3 characterized by the fact that at least a portion of said heating part is formed in an H shape.

7. The thermal inkjet printing head described in Claim 3 characterized by the fact that at least a portion of said heating part is formed in a ring shape.

8. The thermal inkjet printing head described in Claim 3 characterized by the fact that said nozzle hole is formed through a prescribed site of said cover plate.

---

\* [Numbers in right margin indicate pagination of the original text.]

9. The thermal inkjet printing head described in Claim 8 characterized by the fact that said heating part is aligned to said nozzle hole.

10. The thermal inkjet printing head described in Claim 8 characterized by the fact that said heating part is offset at least partially from said nozzle hole.

11. The thermal inkjet printing head described in Claim 3 characterized by the fact that said nozzle hole is set between said cover plate and said base plate.

12. The thermal inkjet printing head described in Claim 3 characterized by the fact that said nozzle hole is formed through a prescribed site of said base plate.

13. The thermal inkjet printing head described in Claim 12 characterized by the fact that said nozzle hole is formed in a tapered shape by means of anisotropic etching of said base plate.

14. The thermal inkjet printing head described in Claim 3 characterized by the fact that said heating means has a pair of lead parts connected to the two ends of said heating part, and said lead parts are attached to said base plate and, at the same time, said heating part has an electrical resistance substantially higher than that of said lead parts.

15. The thermal inkjet printing head described in Claim 14 characterized by the fact that said heating part and said lead parts are made of the same substance, and the cross-sectional area of said heating part is smaller than the cross-sectional area of said lead parts.

16. The thermal inkjet printing head described in any of Claims 1, 2, 3 and 14 characterized by the fact that an insulating layer is formed on said base plate, and the lead parts of said heating means are coated on said insulating layer.

17. The thermal inkjet printing head described in Claim 1 characterized by the fact that a temperature detecting means for measuring the temperature of said ink is set near said heating means.

18. The thermal inkjet printing head described in Claim 17 characterized by the fact that said heating means and said temperature detecting means substantially have the same constitution.

19. The thermal inkjet printing head described in Claim 2 characterized by the fact that a sealing plate having a prescribed hole formed through it is between said base plate and said base plate [sic, cover plate].

20. A thermal inkjet printing head characterized by the following facts: ink is locally heated in the thermal inkjet printing head, and bubbles are generated in the ink so that an ink droplet is formed from said ink; in this thermal inkjet printing head, a prescribed position of the base plate formed with an insulating layer coated on one surface is etched off from the side of the surface opposite said one surface and a diaphragm is formed by the selected portion of said insulating layer; a heating part is set on said diaphragm so that the heating means is attached to said insulating layer, and a cover plate is set separated from said insulating layer with a prescribed distance to form an ink flow channel, and, at the same time, a nozzle hole is formed through said cover plate, and, as ink in said ink flow channel is sprayed out from said nozzle hole, an ink droplet is generated.

21. The thermal inkjet printing head described in Claim 20 characterized by the following facts: joule heat is generated due to the flow of current in said heating part; said heating means has a pair of lead parts connected to the two ends of said heating part; and said lead parts are also attached to said insulating layer.

22. A thermal inkjet printing head characterized by the fact that it has the following parts: a base plate having a prescribed position etched off to form a recession on one surface, a first layer, which has a first linear expansion coefficient and is attached to said one surface, and has an extension portion that extends in a prescribed shape into the space above said recession, a second layer, which has a second linear expansion coefficient different from said first linear expansion coefficient and is attached to at

least said extension portion of said first layer, a cover plate, which is separated by a prescribed distance from the insulating layer of said base plate and has a nozzle hole formed through it, and a heating means, which at least heats said extension portion and bends said extension portion by means of the difference between the first and second linear expansion coefficients.

/3

23. The thermal inkjet printing head described in Claim 22 characterized by the fact that in said heating means, as current flows through said second layer, joule heat is generated in the heating part of said second layer.

24. The thermal inkjet printing head described in any of Claims 1, 2, 3 and 23 characterized by the fact that said first layer is made of a substance selected from  $Ta_2O_5$ ,  $SiO_2$ ,  $Si_3N_4$ ,  $Al_2O_3$ , and the second layer is made of a substance selected from Ta, Ti, W, Cr, Ni, Mo, Pt,  $TaN_2$ , TiN, SiC, WC, NiCr, stainless steel, PtIr, and PtRh.

25. The thermal inkjet printing head described in Claim 24 characterized by the fact that said base plate is a monolayer or multiple layers made of substances selected from Si, W, Mo, Cr, Ni, NiCr, stainless steel and resins.

26. A thermal inkjet printing head characterized by the following facts: ink is locally heated in the thermal inkjet printing head, and bubbles are generated in the ink so that an ink droplet is formed from said ink; a nozzle hole is set in this thermal inkjet printing head, and, together with it, an ink flow channel is formed that is connected to said nozzle hole and allows filling of said ink; a heating means is set for locally heating the ink in said ink flow channel to generate bubbles; and said heating means has a heating part for growing said bubbles toward said nozzle hole.

27. The thermal inkjet printing head described in Claim 26 characterized by the fact that said heating part is set whereby it at least partially extends in the space in said ink flow channel.

## Detailed explanation of the invention

### Technical field

The present invention pertains to an inkjet printing head for use in inkjet printers, etc. More specifically, the present invention pertains to a thermal inkjet printing head that makes use of thermal energy as the driving source to generate ink droplets for printing.

### Prior art

The thermal inkjet printer is well known. It is one type of the so-called on-demand inkjet printers. According to its operation principle, ink is locally heated to generate bubbles, and the exhaust volume by the bubbles generated in this case is used as the driving force to eject the ink from a nozzle hole to form an ink droplet for printing. Figure 1 is a schematic diagram illustrating a printing head used in a conventional thermal inkjet printer. As shown in the figure, ink flow channel (1) is formed on the printing head. Nozzle hole (1a) is formed on one end of the ink flow channel. The other end is connected to ink feeding path (2). Ink flow channel (1) is filled with ink (3). Usually, in nozzle hole (1a), ink (3) forms a meniscus due to surface tension. At the prescribed position on the wall that defines ink flow channel (1), heater (4) is formed. Here, instant heating leads to a film boiling on heater (1) [sic, (4)]. As a result, bubbles (5) are generated on heater (4). Consequently, due to the exhaust volume by generation of bubbles (5), ink (3) is partially pressed out from nozzle hole (1a), and said pressed-out portion (3a) then forms an ink droplet. Heating in this case is performed by applying a current pulse to heater (4) to generate joule heat. Consequently, after the pulse, heater (4) is quenched by ink (3) and the bubbles are extinguished, and fresh ink is fed into ink flow channel (1).

In this way, with this conventional thermal inkjet printing head, it is possible to perform on-demand printing. However, as heater (4) is on the wall of ink flow channel (1), heat generated by heater (4) is

dissipated due to thermal conduction to the main body of the head. Consequently, the heating efficiency of heater (4) is poor, and, when a pulse current is applied, the rise in temperature of heater (4) is relatively mild, so that sufficient film boiling cannot be performed. This is undesired. Also, as the thermal capacity of the main body is greater than that of heater (4), it takes a long time before heater /4 takes a long time before heater (4) rises to the prescribed temperature, so that not only is power consumption high, but also the thermal frequency response is slow, and the printing speed is thus limited. This is undesired, too.

### Purpose

The purpose of the present invention is to solve the aforementioned problems of the prior art by providing a thermal inkjet printing head characterized by having both higher thermal efficiency and higher printing speed. Another purpose of the present invention is to provide a thermal inkjet printing head that allows easy manufacturing and is especially appropriate for high-density multinozzle structures.

### Constitution

As a feature of the present invention, a heater is set in the ink flow channel formed in the printing head, so that the ink in the ink flow channel is locally heated to form bubbles. Said heater is formed such that it at least partially extends into the space of the ink flow channel, so that dissipation of heat from the heater to the printing head main body and base plate can be minimized. With said constitution, it is possible to minimize thermal conduction from the heater to the base plate. Consequently, it is possible to reduce the power consumption when it is heated to a prescribed temperature, while the thermal efficiency is improved. As a result, the printing speed can be increased significantly.

As another feature of the present invention, the heater is composed of two layers made of substances with different linear expansion coefficients. In this constitution, for example, when a current is applied to generate joule heat, the heater bends in the prescribed direction due to the difference in linear expansion coefficient of the layers. The kinetic energy of this bending movement is imparted to part of the ink. As a result, it is possible to form an ink droplet. In this case, when bubbles are generated due to heat from the heater, due to the exhaust volume caused by bubble generation and imparting of kinetic energy due to the bending movement of the heater, the ink droplet can be generated efficiently.

As yet another feature of the present invention, when a heater is set in the ink flow channel to generate bubbles, the bubbles gradually grow toward the nozzle hole according to the constitution. As a result, in the bubble growth assumption, the exhaust volume imparts kinetic energy to a portion of the ink toward the nozzle hole, so that the ink droplet can be generated efficiently. In this case, the heater may also be placed on the wall of the ink flow channel. However, it is preferred that it extend into the space of the ink flow channel.

In the following, an explanation will be given in more detail regarding the specific embodiment of the present invention with reference to the attached figures.

Figures 2 and 3 illustrate an application example of thermal inkjet printing head (10). As shown in the figure, thermal inkjet printing head (10) of the present invention has base plate (11). On one surface of base plate (11), a trench or recession (11a) is formed by means of anisotropic etching. It defines ink chamber (13). On the surface of base plate (11) where recession (11a) is formed, cover plate (12) is set at a prescribed distance. Although not shown in Figure 3, cover plate (12) has a spacer or sealing plate between cover plate (12) and base plate (11) so that the cover plate is positioned at a prescribed distance from base plate (11). Consequently, ink feeding channel (14) is formed between base plate (11) and cover plate (12). This ink feeding channel (14), together with ink chamber (13), forms the ink flow

channel. Consequently, ink chamber (13) and ink feeding channel (14) are usually filled with ink liquid (15). In this application example, nozzle hole (12a) is formed through the prescribed position of cover plate (12).

Heating part (16a) is set extending into the space in ink chamber (13). As can be seen from Figure 3, on the surface of base plate (11), ink chamber (13) in a nearly rectangular shape is formed as a recession, and heating part (16a) of heater element (16) is set in a bridge shape across said recession (13). In addition, a pair of lead parts (16b), (16b) connected to the two ends of heating part (16a) extend in the lateral direction. It is preferred that said heating part (16a) and lead parts (16b) be formed by attachment simultaneously using the same type of substance. However, as shown in the figure, the width of heating part (16a) is selected to be substantially narrower than the width of lead parts (16b).

Consequently, the electrical resistance of heating part (16a) is also set to be substantially higher than that of lead parts (16b). Consequently, when current is fed between the two ends of heater element (16), substantially no joule heat is generated at lead parts (16b), while heating part (16a) is significantly heated due to the joule heat. In this case, said heating part (16a) that generates substantial heat is almost entirely set in bridge shape on recession (13), and it extends into the space of the ink chamber, with the portion in contact with base plate (11) made as small as possible. On the other hand, lead parts (16b) are attach to the surface of base plate (11). However, the resistance of this portion is set to be substantially lower than that of heating part (16a). /5

With said constitution, when pulse current, for example, is fed to heater element (16), substantially no heat is generated in lead parts (16b), while substantial heat is generated in heating part (16a). As heating part (16a) extends into the space of recession (13), almost its entire length is in contact with ink liquid (15), so that the heat generated in heating part (16a) can be transmitted efficiently to ink (15). In this way, all of the heat dissipating from heating part (16a) is absorbed by surrounding ink (15), and it is



possible to avoid escape of heat by thermal conduction to base plate (11). As a result, the thermal efficiency becomes much higher than that of the prior art.

As power is fed through heater element (16) to generate heat from heating part (16a), film boiling takes place on the surface of heating part (16a), and bubbles are generated. Consequently, ink (15) is exhausted from within ink chamber (13) by a volume corresponding to that of the bubbles. In the present application example, the volume of ink chamber (13) is set to be relatively large. Consequently, the hydraulic resistance from ink chamber (13) to ink feeding channel (14) formed in the space between base plate (11) and cover plate (12) increases. Consequently, ink (15) exhausted by the bubbles generated around heating part (16a) in a thin plate shape flows in ink chamber (13) and efficiently moves toward nozzle hole (12a). As a result, ink droplet (15a) is generated. Said ink droplet (15a) is projected toward the recording medium not shown in the figure. In the state shown in Figure 2, no power is fed to heater element (16). Consequently, no bubbles are generated around heating part (16a). At nozzle hole (12a), ink (15) forms meniscus (15b) due to surface tension.

In this way, when power is fed to heater element (16) to form ink droplet (15a), when nearly all of the heating part is set in contact with the base plate as in the prior art, the heating power per dot is about  $20\text{ V} \times 0.5\text{ A}$ . On the other hand, according to the constitution of the present invention, it is only about  $10\text{ V} \times 0.05\text{ A}$ . Consequently, it is possible to significantly reduce power consumption. As a result, according to the constitution of the present invention, even with multinozzle units, power consumption is still low, and the power source unit can be made in compact, or a battery may be used as the power source if appropriate. Consequently, a portable inkjet printer is made possible.

In addition, when a recession is formed on base plate (11) to set ink chamber (13), propagation of the flow of ink in ink chamber (13) due to bubble generation to ink feeding channel (14) that has a high hydraulic resistance can be substantially stopped, so that interference between adjacent nozzle holes can

be substantially prevented, so that a high-density multinozzle constitution is possible. Also, as explained above, in the prior art, as the thermal response is slow, swift control of bubbles formation is impossible. Consequently, thermal loss and overheating lead to shortened lifetime of the heater element, which is undesired. On the other hand, in the constitution of the present invention, the thermal response is fast, and the heating temperature can be controlled finely corresponding to the environment. As a result, the thermal response increases and the lifetime is longer. Also, Figure 5 is an oblique view illustrating the overall constitution of thermal inkjet printing head (10) shown in Figures 2 and 3. It can be seen that heater element (16) has electrode parts (16c) at the ends of lead parts (16b).

In the following, an explanation will be given regarding the operation principle of the thermal inkjet printing head (10) shown in Figures 2, 3, and 5 with reference to Figures 4a-4c. Figure 4a is a diagram illustrating the state before power is fed to heating part (16a). In this state, ink (15) in ink chamber (13) contacts the entire exterior of heating part (16a) in a bridge shape, and, at nozzle hole (12a), meniscus (15b) is formed due to surface tension. Figure 4b is a diagram illustrating the state right after a pulse current is fed to heating part (16a). In this case, film boiling takes place on the surface of heating part (16a), and bubbles (17) start forming. Figure 4c is a diagram illustrating the state when bubbles (17) grow the entire exterior of heating part (16a). In this case, bubbles are generated not only on the upper side of heating part (16a), but also on the lower side. The ink corresponding to the volume exhausted by generated bubbles (17) is pressed out from ink chamber (13). However, in this case, because the hydraulic resistance from ink chamber (13) to ink feeding channel (14) is relatively high, the exhausted ink flows to nozzle hole (12a), passes it through and exits to form ink droplet (15a). In this way, bubbles (17) are generated on both surfaces of heating part (16a), and their exhaust volume can be used efficiently in forming ink droplet (15a). The efficiency is thus greater than that of the prior art.

/6

Figures 6a-6c illustrate various application examples of heater element (16). In the application example shown in Figure 6a, heater element (16) is formed by a pair of strips (16a<sub>1</sub>) and (16a<sub>2</sub>) separated and parallel to each other. In the application example shown in Figure 6b, heater element (16) is composed of a pair of arms (16a<sub>3</sub>) and (16a<sub>4</sub>). On the other hand, for the heater element shown in Figure 6c, heater element (16) is formed as H-shaped part (16a<sub>5</sub>). Figures 7a and 7b illustrate application examples when nozzle hole (12a) formed through cover plate (12) is in tapered shape (12a<sub>1</sub>) and flared shape (12a<sub>2</sub>), respectively. The shape of said nozzle hole (12a) can be selected appropriately from these shapes corresponding to the viscosity of ink (15) and various other conditions.

Figure 8a is a diagram illustrating an application example in which instead of aligning bridge-shaped heating part (16a) with nozzle hole (12a), it is offset to the right in order to partially overlap nozzle hole (12a). In addition, Figure 8b is a diagram illustrating an application example in which bridge-shaped heating part (16a) is not overlapped with nozzle hole (12a), instead, they are set deviated from each other in the lateral direction. In all of the aforementioned application examples, heating part (16a) is offset from nozzle hole (12a), instead, it is offset from one end of ink chamber (13). As a result, the ink exhausted by the bubbles generated on the surrounding of heating part (16a) can flow more efficiently toward nozzle hole (12a).

Figures 9-14 illustrate several application examples in which heater element (16) is set in a cantilever shape instead of said bridge shape with respect to recession (13). That is, in the application example shown in Figure 9, a pair of lead parts (16b), (16b) extend from the right hand side of rectangular shaped recession (13) into the space defined by recession (13), and their tip portions are connected to form a narrow heating part (16a). Similarly, in the application example shown in Figure 10, ring-shaped heating part (16a) is set between the tip portions of first and second output gates (16a), (16b) set parallel to each other extending as a pair of cantilevers. In the application example shown in Figure 11, an H-shaped

heating part (16a) is connected between the tips of a pair of lead parts (16b), (16b). Figure 12 is a cross-sectional view illustrating the structure of a printing head having the structure shown in Figure 9 as seen from direction B-B. In this case, heating part (16a) is set aligned to nozzle hole (12a) formed through cover plate (12). However, as explained above, heating part (16a) and nozzle hole (12a) also can be offset from each other.

In the application examples shown in Figures 13 and 14, insulating layer (18) is coated on one surface of base plate (11) where recession (13) is formed. Said insulating layer (18) has cantilever-shaped supporting part (18a) formed in the prescribed pattern, and supporting part (18a) extends into the space formed by recession (13). Consequently, in this application example, cantilever-shaped lead parts (16b), (16b) of heater element (16) are coated on supporting part (18a) of insulating layer (18) to form a double-structure cantilever-shaped beam. As to be explained later in more detail, the portion extending into the space has a double structure made of substances having different linear expansion coefficients. As a result, vibration takes place due to heating of the extending portion. /7  
The magnitude of this mechanical movement can be used efficiently in forming ink droplet (15a) from (15). Also, when base plate (11) is made of silicon, insulating layer (18) may be made of silicon dioxide.

In the application example shown in Figure 15, insulating layer (18) is coated on the entirety of one surface of base plate (11). On the opposite surface, a selected portion of base plate (11) is etched off until insulating layer (18) is reached to form recession (13). Consequently, the portion of insulating layer (18) exposed by recession (13) forms a diaphragm. On insulating layer (18), heater element (16) is formed, so that the heating part is set on the diaphragm. According to the present application example, in addition to the effect of volume exhausting due to bubble generation of heater element (16), as insulating layer (18) and heater element (16) are selected to have different linear expansion coefficients,

heat generation of heater element (16) leads to vibration of the diaphragm. Due to the mechanical movement in this case, growth of ink droplet (15a) may be augmented.

Figures 16-18 illustrate an application example in which sealing plate (19) that works as a spacer for defining ink feeding channel (14) that feeds ink into ink chamber (13) is included between cover plate (12) and base plate (11). In the application example shown in Figures 16 and 17, on one surface of base plate (11), a trench in a straight line channel shape is formed extending for a prescribed distance from one end of the base plate. This trench forms the ink flow channel, and a portion of it defines ink chamber (13), and, at the same time, a portion of it defines ink feeding channel (14). Said heater element (16) having heating part (16a) extending into the space in ink chamber (13) is set on base plate (11), and sealing plate (19) in a U shape is formed around the periphery of the ink flow channel. Then, cover plate (12) is set on it. With said constitution, ink chamber (13) and nozzle hole (12a) are entirely independent of each other, so that even in this case of a multinozzle structure, there is still no adverse influence from the other nozzles.

In the application example shown in Figure 18, on one surface of base plate (11), etching is performed to form recession (13), and, together with it, on the opposite surface of base plate (11), a channel trench is carved to form ink feeding channel (14). At one end, recession (13) and base plate (11) are connected through it. Sealing plate (19) that is formed in a prescribed pattern and works as a spacer is coated and set on the upper surface of base plate (11) with recession (13) formed there. Then, cover plate (12) having nozzle hole (12a) formed through it is set. On the other hand, on the lower side surface of base plate (11), back plate (20) is set to define ink feeding channel (14). Also, in these application examples, too, heating part (16a) is aligned to nozzle hole (12a). However, as explained above in the aforementioned application examples, they may also be offset from each other.

In the application example shown in Figures 19-21, base plate (11) is subjected to anisotropic etching to form a through-hole that is used as the nozzle hole. That is, in the application example shown in Figures 19 and 20, anisotropic etching is performed on base plate (11) to form tapered through-hole (11b). By means of this hole, ink chamber (13) is formed, and, together with it, a nozzle hole for injecting ink droplet (15a) is formed. Said back plate (20) is set separated by a prescribed distance from base plate (11), forming ink feeding channel (14) between them. Also, heating part (16a) is set extending into the space of recession (13). In this application example, the structure is extremely simple, and manufacturing is easy. Also, processing of heater element (16) and through-hole (11b) is integrated in a series of photoetching processes, for correct positioning alignment precision and interval formation.

Figure 21 is a modified example of the aforementioned application example. On the inner surface of base plate (11), insulating layer (18) is coated and formed, and, when tapered through-hole (11b) is formed by means of anisotropic etching, insulating layer (18) protrudes into recession (13) to form protruding portion (18a). On said protruding portion (18a), heating part (16a) of heater element (16) is coated and formed. Also, in this case, heating part (16a) is formed extending along the edge of protruding portion (18a).

As explained above, heater element (16) may be formed either as monolayer or multilayer structure. Especially, for the multilayer structure (for example, in said application example, heater element (16) is formed on an insulating layer), at least one layer has a linear expansion coefficient different from the other layers. As a result, when heating, heater element (16) vibrates, and the mechanical movement can be used effectively in generating ink droplet. In the following, an explanation will be given regarding an example of manufacturing of the cantilever-shaped heater element surrounded by an insulating layer with reference to Figures 22a-22i.

/8

As shown in Figure 22a, on silicon or other type of base plate (11), using any well known film manufacturing method, insulating layer (18) made of silicon dioxide or the like is formed and attached, and, then, on this layer, molybdenum layer (16x), platinum layer (16y), and molybdenum layer (16z) are formed sequentially. Then, as shown in Figure 22b, on composite layer (16) composed of layers (16x), (16y) and (16z), photoresist (21) is coated. This photoresist (21) is exposed to a prescribed pattern and developed so as to form photoresist patterns (21a), (21b) shown in Figure 22c. Then, as shown in Figure 22d, plasma etching is performed to selectively etch metal composite layer (16). Then, photoresist patterns (21a), (21b) are separated to form the structure shown in Figure 22e.

Then, as shown in Figure 22f, on the entirety of the surface of the structural body, passivation film (22) made of silicon dioxide is formed and attached. Then, a photoresist is coated, followed by exposure and development to form photoresist pattern (23) shown in Figure 22g. Then, with said photoresist pattern used as a mask, wet etching is performed, and silicon dioxide is selectively etched off to form the structure shown in Figure 22h. Then, photoresist pattern (23) is peeled. Then, with silicon dioxide as a mask, the exposed portion of silicon base plate (11) is subjected to conventional anisotropic etching, so that the lower side of part (16a) is undercut to form recession (13). In this case, said part (16a) has a cantilever-shaped structure. Also, when part (16a) has a bridge-shaped structure, similarly, by means of anisotropic etching, undercutting is used. In this example, metal composite layer (16a) has a 3-layer structure made of molybdenum, platinum and molybdenum, respectively, and the periphery of composite layer (16a) is fully enclosed by underlying insulating layer (18) and passivation insulating layer (16a). However, composite layer (16a) may also have a monolayer structure as needed. Also, layer (16a) may have a structure partially covered by an insulating layer.

In the following, an explanation will be given in more detail regarding an application example when a silicon wafer is used as base plate (11) with reference to Figure 23. The upper surface of silicon base

plate (11) is (100) surface. Here, while ink flow channel (11a) is formed by means of anisotropic etching, heating part (16a) of heater is formed by means of under-etching. In this case, heating part (16a) with a bridge-shaped structure is set at an angle  $\theta=45^\circ$  so that heating part (16a) with the bridge-shaped structure is not parallel to (111) plane. In the application example shown in Figure 23, on the upper surface of base plate (11) nearly in rectangular shape, one end of ink flow channel (11a) opens to the end portion of base plate (11), and it is formed by etching to a channel shape extending in a straight line. Near the end of ink flow channel (11a), heater element (16) with heating part (16a) is set extending in a bridge shape at an angle of  $45^\circ$ . In addition, detecting element (26) is set parallel to heater element (16), and said detecting element (26) also has detecting part (26a) having the same bridge-shaped structure as aforementioned, as well as a pair of lead parts (26b), (26b) connected to its two ends, and electrode parts (26c), (26c). Also, one may also adopt a scheme in which detecting element (26) is formed from the same substance as that of heater element (16) at the same time. Said detecting element (26) detects variation in the electrical characteristics (such as electrical resistance) at detecting part (26a) to measure the state of the ink in ink flow channel (11a), such as ink liquid temperature and flow velocity. On base plate (11), cover plate (12) with nozzle hole (12a) formed through it is covered. In this case, it is preferred that a sealing plate of a prescribed shape be included between the two members. Also, in Figure 23, only a single nozzle hole (12a) and a single ink flow channel (11a) are shown. However, one may also adopt a scheme in which a multinozzle structure is formed by carving ink flow channel (11a) and corresponding nozzle holes (12a) in an array shape on base plate (11).

/9

In the following, an explanation will be given regarding application examples in which a silicon base plate is used, and the heater and detector are in a cantilever-shaped structure with reference to Figures 24-30. Figures 24-26 are cross-sectional views taken at different sites to illustrate cover plate (12), sealing plate (19) and base plate (11) as an example of the thermal inkjet printing head of the present



invention. As shown in Figure 26, on the upper surface of silicon base plate (11), insulating layer (18) made of silicon dioxide or the like is formed and attached, and said insulating layer (18) is patterned to the prescribed shape. Also, the selected portion of base plate (11) is etched off to form the recession that defines ink chamber (13). The left end of ink chamber (13) is connected to the common ink feeding path, and, near its right end, a pair of supporting parts (18a) of insulating layer (18) protruding in ink chamber (13) in cantilever shape are formed. On these parts, ring-shaped heating part (16a) of heater element (16) and ring-shaped detecting part (26a) of detecting element (26) are formed.

In the application example shown in Figure 26, upper lead part (16b) of heater element (16) and lower lead part (26b) of detecting element (26) are connected to common lead (36). On base plate (11) having said constitution, sealing plate (19) having rectangular-shaped window (19a) shown in Figure 25 is covered. Then, as shown in Figure 24, cover plate (12) having round-shaped nozzle hole (12a) formed through it is covered. As a result, the printing head is completed. Also, when assembly is performed in this way, rectangular window (19a) is roughly around the outer periphery of ink chamber (13), so that the range of ink chamber (13) filled with ink is defined. In addition, nozzle hole (12a) is set aligned to ring-shaped heating part (16a) of heater element (16). This state can be seen from Figure 28.

The printing head shown in Figures 29 and 30 show a modified example of said printing head. In this case, on the left end of base plate (11), each ink chamber (13) has one end open to define nozzle hole (13a), or the right end of ink chamber (13) is connected to ink feeding channel (14) carved on base plate (11). In the space in each ink chamber (13), a pair of ring-shaped heating parts (16a) and ring-shaped detecting part (26a) are formed protruding in cantilever shape. Also, as shown in Figure 29, heater element (16) and detecting element (26) are shown schematically. One should pay attention to this fact. As can be seen from Figure 30, sealing plate (19) having the prescribed shape is covered on base plate (11). In addition, back plate (20) is applied on it. Consequently, in this example, base plate (11) and

back plate (20) define nozzle hole (13a) oriented in the lateral direction on one side portion of base plate (11).

In the following, an explanation will be given regarding the heater and detection driver having said heater element (16) and detecting element (26) with reference to Figures 31 and 32. As shown in Figure 31, for example, as ink (15) filled in the ink flow channel formed between base plate (11) and cover plate (12) is locally heated, bubbles are generated, and their exhaust volume is used to press ink (15) out from nozzle hole (12a) to form ink droplet (15a). At the same time, by means of detecting part (26a) of detecting element (26), the temperature of ink (15) is detected, and, on the basis of its liquid temperature information, heating driving of heating part (16a) is controlled to form optimum ink droplet (15a). For this purpose, heater driver (21) connected to heater element (16) is connected to timing circuit (23) and heater driving controller (24), and, similarly, liquid temperature detector (22) connected to detecting element (26) is also connected to timing circuit (23) and heater driving controller (24).

In this case, as described in the application example shown in Figure 26, the following scheme is preferred: heater element (16) and detecting element (26) are commonly connected to (36) to form a constitution connected to heater driver (21) and liquid temperature detector (22). Figure 32 illustrates a preferable modified example of said constitution. Also, in this case, common lead (36) may be connected to ground.

In the following, with reference to Figures 33-35, an explanation will be given in more detail regarding the following constitution: the bridge-shaped or cantilever-shaped multilayer structure of the heater element has at least one layer with a linear expansion coefficient different from the other layers. As a result, the multilayer structural body undergoes mechanical vibration, and the vibration phenomenon is used to impart kinetic energy to the ink so as to contribute to formation of the ink droplet. In the application example shown in Figures 33 and 34, insulating layer (18) is coated and

/10

formed on the upper surface of base plate (11). Said insulating layer (18) is patterned to a prescribed shape, and, together with it, the selected portion of base plate (11) is etched off to define ink chamber (13). A portion of said insulating layer (18) is made to extend into the space of ink chamber (13) to form supporting parts (18a). On insulating layer (18), heater element (16) is formed. It has a pair of lead parts (16b) set side-by-side, intermediate parts (16d) extending obliquely toward each other in cantilever shape in the space of ink chamber (13), and ring-shaped heating part (16a) connected to their tips. Consequently, said pair of intermediate parts (16d) and ring-shaped heating part (16a) form a cantilever-shaped structure, forming a 2-layer cantilever-shaped beam formed and attached to supporting parts (18a) made of an insulating substance and nearly in the same shape.

Said cover plate (12) is set above base plate (11) at a prescribed distance, forming ink feeding channel (14) between them. Said ink feeding channel (14) is connected to an ink feeding source, and is usually filled with ink. At prescribed sites of cover plate (12), nozzle holes (12a) are formed through it. As a portion of the ink is injected, ink droplet (15a) for printing is formed. In this case, if heater element (16) is made of platinum while insulating layer (18) is made of silicon dioxide, as the linear expansion coefficient of heater element (16) is greater than that of insulating layer (18), as heating part (16a) is heated, the cantilever-shaped beam is heated, and the cantilever-shaped beam bends down as indicated by the broken line. Consequently, due to this bending movement, the ink in ink chamber (13) generally flows clockwise as indicated by the arrow, and it is pressed and elongated toward nozzle hole (12a). As said cantilever-shaped beam only bends downward, it is possible to have the ink ejected from nozzle hole (12a) to form ink droplet (15a), too. However, in this case, bubbles are generated in ring-shaped heating part (16a), and its exhaust volume can be used efficiently in forming ink droplet (15a). In addition, in the application example shown in Figures 33 and 34, said ring-shaped heating part (16a) is offset to the right hand side of nozzle hole (12a). However, one may also adopt a scheme in which, as

the cantilever-shaped structural body bends upward due to heating, heating part (16a) is formed aligned to nozzle hole (12a). Also, usually, as platinum and silicon dioxide do not adhere well to each other, one may have a primer layer made of molybdenum, chromium, titanium, or the like set between platinum and silicon dioxide.

Figure 35 is a diagram illustrating an application example in which the cantilever-shaped beam bends upward under heating. That is, although the application example shown in Figure 35 has many points of structure similar to those explained in the above, it nevertheless has a special feature that sealing plate (19), which also plays the role of a spacer, is included between base plate (11) and cover plate (12). Also, in this application example, heater element (16) is formed and attached to insulating layer (18) attached to the upper surface of base plate (11) and attached to the heater element is overcoat insulating layer (22) made of the same front-edge material [sic, insulating material] as that of insulating layer (18) yet having a larger film thickness. Consequently, in principle, the cantilever-shaped beam in this application example has a 3-layer structure, with its upper layer (22) and lower layer (18) made of the same insulating substance, yet with said upper layer (22) formed thicker than said lower layer (18). Consequently, when heated by heater element (16), the cantilever-shaped beam structure bends upward as indicated by the broken line. Consequently, due to said upward bending movement, the ink is pressed out via nozzle hole (12a) to form an ink droplet. In the example shown in the figure, it is preferred that the tip portion of the cantilever-shaped beam structure be positioned near nozzle hole (12a). However, it is also possible to offset it somewhat from nozzle hole (12a). In addition, it is preferred that, in addition to the bending movement of the cantilever-shaped beam, bubbles are instantly generated on heating part (16a) and their exhaust volume also exploited in forming the ink droplet. As explained above, when heater element (16) is made of platinum and upper insulating layer (18) and lower insulating layer (22)

are made of silicon dioxide, it is preferred that molybdenum be included as an adhesive layer between them.

In the following, an explanation will be given regarding the application examples shown in Figures 36-38. In the application example shown in Figures 36 and 37, the upper surface of base plate (11) is selectively etched off to form an ink flow channel having ink chamber (13) and ink feeding channel (14). The space of the ink chamber is extended, and heating part (16a) having a ring is formed in a bridge shape. One end side of ink chamber (13) is connected to nozzle hole (13a) defined on one side portion of base plate (11), and the ink droplet is ejected via it. In this application example, ink chamber (13) is formed by partially expanding the channel width of the ink flow channel. In this case, too, it is possible to realize the same effect in preventing backflow due to a rise in the flow resistance to the side of ink feeding channel (14) just as when undercutting etching is performed downward on base plate (11) as explained above. In this application example, it is possible to form the ink flow channel in a single round of etching, so that the manufacturing process can be simplified. In addition, in the application example shown in the figure, the shape tapers toward the tip, that is, from ink chamber (13) toward nozzle hole (13a). However, one may also adopt a scheme in which the transition portion has the same width or a flared shape.

As shown in Figure 37, cover plate (12) is set via sealing plate (19). Also, as a modified example of this application example, nozzle hole (13a) may be blocked, and nozzle hole (12a) is formed through the prescribed site of cover plate (12) as indicated by the broken line.

Figure 38 is a diagram illustrating another application example. In this case, a selected site of base plate (11) is etched off to form a channel-shaped trench that defines ink chamber (13). On one end of this chamber, nozzle hole (13a) is defined. In the ink chamber, a heater having ring-shaped heating part (16a) is set extending into the space. On base plate (11), back plate (20) is set via sealing plate (19) that

/11

also plays the role of a spacer. In this application example, a trench in the prescribed shape is carved on back plate (20) to form ink feeding channel (14). This ink feeding channel (14) is connected to ink chamber (13). In this case, positioning is performed so that orifice (14a) is formed at the connecting site of ink feeding channel (14) and ink chamber (13). Consequently, the flow resistance is set high due to this orifice (14a) so as to prevent backflow from ink chamber (13). In addition, as a modified example of this application example, cavity portion (20a) may be formed as indicated by the broken line at the site corresponding to heating part (16a) of back plate (20).

In the following, an explanation will be given regarding another application examples with reference to Figures 39 and 40a-40d. In the application example shown in Figure 39, while channel-shaped ink feeding channel (14) is carved on the surface of base plate (11), ink chamber (13) in a flared shape is set. In this application example, ink chamber (13) is connected to nozzle hole (13a) defined on one end of base plate (11) via a tapered transition portion. Said heating part (16a) is set in ink chamber (13) at the position of the flared portion as a transition from ink feeding channel (14) to ink chamber (13), and ring-shaped heating part (16a) is connected to a pair of lead parts (16b), (16b).

In the following, an explanation will be given regarding the operation principle of the constitution shown in Figure 39 with reference to Figures 40a-40d. As shown in Figure 40a, ring-shaped heating part (16a) is heated, so that film boiling takes place, and growth of bubbles (17) starts. In this case, as ring-shaped heating part (16a) is positioned near the boundary between ink feeding channel (14) and ink chamber (13), generated bubbles (17) clog ink feeding channel (14). Then, as shown in Figure 40b, as bubbles (17) grow, depending on the contact angle with ink chamber (13) and the surface tension of bubbles (17), bubbles (17) expand toward nozzle hole (13a). In this case, as ink feeding channel (14) stays blocked, no pressure can be transmitted to that side. Consequently, ink (15) in ink chamber (13) is pressed out to the side of nozzle hole (13a). As no pressure is applied on the side of ink feeding channel

(14), ink (15) flows unidirectionally. As a result, ink (15) is ejected from nozzle hole (13a) to form an ink droplet.

Then, after the pulse current, as shown in Figure 40c, ring-shaped heating part (16a) is quenched by surrounding ink (15), bubbles (17) diminish instantly, and ink liquid surface (15b) is suctioned in. Then, as shown in Figure 40d, from ink feeding channel (14), fresh ink is fed into ink chamber (13), and said ink liquid surface (15b) recovers to an appropriate meniscus shape under its surface tension. In this way, according to the present application example, bubbles (17) are actively grown toward nozzle hole (13a) in this constitution, so that due to growth of bubbles (17), the exhaust volume is exploited to make an effective use of the kinetic energy with directionality in forming the ink droplet.

Figure 41 is a diagram illustrating a modified example of said application example. In this case, there is ink feeding auxiliary channel (30) set as another ink feeding channel connected to the transition portion between ink chamber (13) and nozzle hole (13a). In this case, it is preferred that the flow resistance of ink feeding auxiliary channel (30) be set higher than that of the transition portion between ink chamber (13) and nozzle hole (13a). Figure 42 illustrates another modified example. In this case, flow control element (31) is set in the flow channel of the transition portion, and it is possible to set appropriate proportions for the flow of ink from ink chamber (13) and the flow of ink from ink feeding auxiliary channel (30). Figure 43 is a diagram illustrating yet another modified example. In this case, the cross-sectional area of transition portion (30a) from ink feeding auxiliary channel (30) to nozzle hole (13a) is selected larger than that of the transition portion between ink chamber (13) and ink feeding auxiliary channel (13) [sic, (30)], so as to increase the effect in suctioning ink from ink feeding auxiliary channel (30). Figure 44 is a diagram illustrating yet another modified example. In this case, transition portion (30a) is formed in a flared shape and inclines at an angle of  $\alpha$ .

/12

In the following, an explanation will be given regarding other application examples of the present invention with reference to Figures 45 and 46. In these application examples, the feature that directionality is imparted to generation of bubbles so as to improve the effect in forming the ink droplet is the same as that in the aforementioned application examples. In the application example shown in Figure 45, plural (four in the example shown in the figure) heating parts (16a<sub>1</sub>)-(16a<sub>4</sub>) are set side-by-side along the ink flow channel and the longitudinal axis of ink chamber (13), and these overheating parts [sic, heating parts] generate heat sequentially toward nozzle hole (13a). As a result, the generated bubbles grow sequentially toward nozzle hole (13a), and the exhaust volume with directionality contributes to the press-out operation of the ink. In the application example shown in Figure 46, a heater H1 and thermistor T1 pair are connected in parallel, and they are connected in series to another heater H2 and thermistor T2 pair. Voltages V1 and V2, respectively, are applied on the nodes. In this case, the resistance values are selected such that  $T1 > H1$ . Consequently, as current flows in H1, heat is generated, and bubbles are generated on H1. As H1 and T1 are integrated with each other, the temperature of T2[sic, T1] also rises and its resistance falls, so that current flows in T1. Then, the current in H1 falls. Because the resistance of thermistor T1 is lower by orders of magnitude, the synthetic resistance of T1, H1, T2, H2 decreases, and current flows in the path of  $T_2 \rightarrow H2$  under applied voltage V2. Here, H2 is heated, and then the current in T2 rises, and bubbles are generated on H2. As H and T are set near each other, temperature rises for them in the same way. However, as T is overheated [sic, heated] after heating of H, there is a certain time lag between them (tens of  $\mu s \sim$  a few msec), and the bubbles move toward nozzle hole (13a).

In the following, an explanation will be given regarding the application example shown in Figure 47. In this case, too, just as in said application example, the bubbles grow toward nozzle hole (13a). Also, according to this application example, overheating part (16a) [sic, heating part (16a)] roughly in a



V-shape and in an undulating configuration is set along the flared wall of the flared transition portion from ink feeding channel (14) to ink chamber (13). In the following, an explanation will be given regarding its operation with reference to Figures 48a-48d. As shown in Figure 48a, as a pulse current is applied on overheating part (16a) [sic, heating part (16a) to perform overheating [sic, heating], a pair of bubbles (17), (17) are generated along the walls, respectively. Then, as shown in Figure 48b, the pair of bubbles merge. In this case, merging of bubbles first takes place on the side where the flared wall connected to ink feeding channel (14) becomes narrower. Also due to the effect that bubbles tend to form in a spherical shape because of surface tension, ink feeding channel (14) is clogged. At the same time, on the side where the flared wall expands, movement of the bubbles leads to feeding of fresh ink to the heater surface. Then, as shown in Figure 48c, the fresh ink is gasified to bubbles due to overheating [sic, heating]. Because the side of ink feeding channel (14) is narrower, there is no change in the position of the bubble surface corresponding to the surface tension of the bubbles, the contact angle between the liquid and the wall surface, and the pipe resistance. On the other hand, on the opposite side, in company with the formation of a fresh bubble surface, bubbles in the stable shape shown in the figure form due to the surface tension. As shown in Figure 48d, because the pipe resistance and the resistance /13 due to nozzle is low, ink is extruded toward nozzle hole (13a). As the bubbles grow, they are cooled by the surrounding ink liquid, so that the bubbles shrink and diminish.

Figure 49 illustrates another application example. In this case, the width of overheating part (16a) [sic, heating part (16a)] is sequentially changed along its longitudinal direction so as to control the time for reaching the prescribed temperature in the longitudinal direction inside ink chamber (13) and thus imparting directionality to growth of the bubbles and to display the effect is extruding the ink no [sic, toward] nozzle hole (13a). The heater width and thermal capacity in the application example shown in Figure 49 along the longitudinal axis are shown in Figures 50a and 50c, respectively. In addition, the

time until generation of the bubbles versus the heater position is shown in Figure 50c. The operation of the application example shown in Figure 49 can be seen clearly with reference to Figures 51-53. Also, in each of Figures 51a-51c, time is taken as the abscissa, and the applied voltage is taken as the ordinate. Also, in Figures 52a-52c, the heater position is taken as the abscissa, and temperature is taken as the ordinate. In Figures 53a-53c, the heater position is taken as the abscissa; they illustrate the site where bubbles are generated. In Figures 51-53, a and b correspond to each other.

### Effects

As explained above in detail, according to the present invention, it is possible to significantly reduce power consumption and to increase response speed. Consequently, it enables high-speed printing. In addition, as the structure is simple, manufacturing becomes easier, and high-precision processing can be performed easily to incorporate novel mechanisms. Especially, it is effective in constructing high-density multinozzle structures.

In the above, the embodiment of the present invention has been explained in detail. However, the present invention is not limited to these examples. Various modifications can be made as long as the technical range of the present invention is observed.

### Brief description of the figures

Figure 1 is a schematic diagram illustrating the constitution of a typical thermal inkjet printing head of the prior art. Figure 2 is a schematic diagram illustrating Application Example 1 of the thermal inkjet printing head of the present invention. Figure 3 is a schematic plan view of the printing head shown in Figure 1. Figures 4a-4c are diagrams illustrating the operation principle of the printing head shown in Figure 1. Figure 5 is a schematic oblique view illustrating the printing head shown in Figures 2 and 3.

Figures 6a-6c are plan views illustrating the application examples pertaining to heater element (16). Figures 7a and 7b are schematic cross-sectional views illustrating modified examples of the nozzle hole. Figures 8a and 8b are schematic cross-sectional views illustrating the application examples different from each other with respect to the relative position relationship between overheating part [sic, heating part] (16a) and nozzle hole (12a), respectively. Figures 9-11 are schematic plan views illustrating heater element (16) in a cantilever-shaped beam structure. Figure 12 is a schematic cross-sectional view taken across B-B in Figure 9. Figure 13 is a schematic plan view illustrating the case when heater element (16) has a 2-layer cantilever-shaped beam structure. Figure 14 is a schematic cross-sectional view taken across C-C in Figure 13. Figure 16 is a schematic cross-sectional view illustrating an application example when a straight line ink channel is formed on the surface of base plate (11). Figure 17 is its exploded schematic oblique view. Figure 18 is a schematic cross-sectional view illustrating an application example in which an ink feeding channel is formed on the inner surface of base plate (11). Figure 19 is a schematic cross-sectional view illustrating the case when base plate (11) is anisotropically etched to form the nozzle hole. Figure 20 is its exploded schematic oblique view. Figure 21 is a schematic cross-sectional view illustrating a modified example of this case. Figures 22a-22i are schematic cross-sectional views illustrating an example of the manufacturing method of the printing head in an application example. Figure 23 is an exploded oblique view illustrating the case when detecting element (26) is set in parallel to heater element (16) used as base plate (11) composed of a silicon wafer. Figure 24 is a schematic partial plan view illustrating an example of cover plate (12). Figure 25 is a schematic partial plan view illustrating an example of sealing plate (19). Figure 26 is a schematic partial plan view illustrating an application example in which base plate (11) and heater element (16), detecting element (26) formed on it are set parallel to each other. Figures 27 and 28 are schematic cross-sectional views taken across D-D line and E-E line in Figure 26, respectively. Figure 29

is a schematic partial plan view illustrating an application example when nozzle hole (13a) is defined on one portion of base plate (11). Figure 30 is a schematic cross-sectional view taken across F-F in Figure 29. Figure 31 is a schematic diagram illustrating an example of the driver of heater element (16) and detecting element (26). Figure 32 is a schematic diagram illustrating a modified example of said example. Figure 33 is a schematic cross-sectional view illustrating an application example containing cantilever-shaped 2-layer structure heater element (16). Figure 34 is a schematic plan view illustrating the positional relationship of heater element (16) and ink chamber (13). Figure 35 is a schematic cross-sectional view illustrating a modified example of said example. Figure 36 is a schematic partial plan view illustrating an application example in which the surface of base plate (11) is partially expanded in the lateral direction to define ink chamber (13). Figure 37 is a schematic cross-sectional view taken across G-G in Figure 36. Figure 38 is a schematic cross-sectional view illustrating a modified example of said example. Figure 39 is a schematic plan view illustrating an application example in which directionality is imparted to growth of bubbles. Figures 40a-40d are schematic diagrams illustrating the operation principle of said scheme. Figures 41-44 are schematic plan views illustrating a modified example in which ink feeding auxiliary channel (30) is set. Figures 45 and 46 are schematic diagram illustrating an application example in which plural heater elements are set side-by-side along the longitudinal axis of the ink flow channel to impart directionality to growth of the bubbles. Figure 47 is a schematic diagram illustrating a modified example of the scheme in imparting directionality to growth of the bubbles. Figures 48a-48d are schematic diagrams illustrating the operation principle of the aforementioned scheme. Figure 49 is a schematic diagram illustrating another modified example when directionality is imparted to growth of bubbles. Figures 50a-50c are graphs illustrating the various characteristics of the structure shown in Figure 49. Figures 51a-51c, 52a-52c and 53a-53c are graphs illustrating the operation principle of Figure 49.

# Brief description of part numbers

- 11 Base plate
- 12 Cover plate
- 12a Nozzle hole
- 13 Recession or ink chamber
- 14 Ink feeding channel
- 15 Ink
- 15a Ink droplet
- 16 Heater element
- 16a Heating part
- 16b Lead parts
- 16c Electrode part
- 18 Insulating layer
- 19 Sealing plate
- 20 Back plate
- 26 Detecting element
- 26a Detecting part

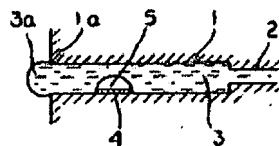
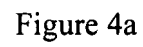
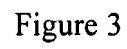
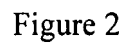


Figure 1



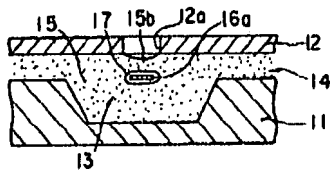


Figure 4b

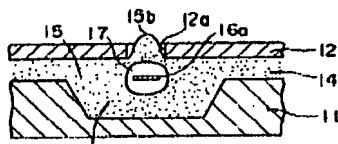


Figure 4c

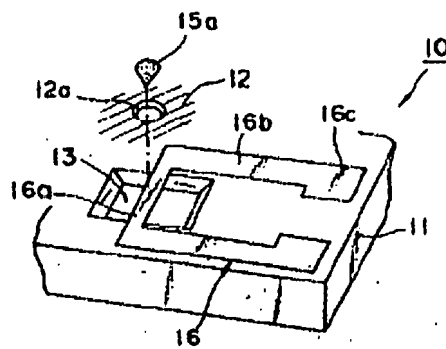


Figure 5

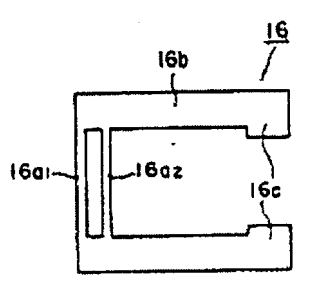


Figure 6a

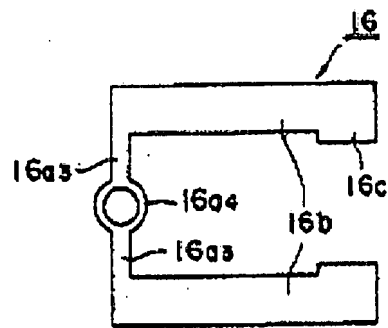


Figure 6b

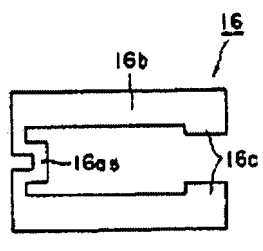


Figure 6c

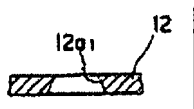


Figure 7a

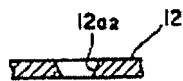


Figure 7b



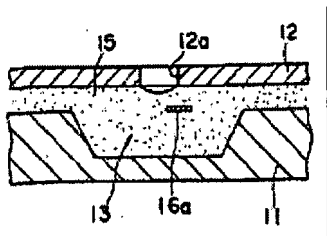


Figure 8a

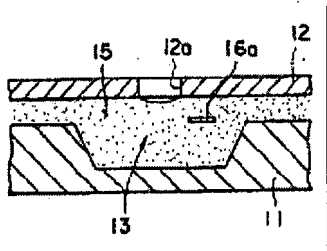


Figure 8b

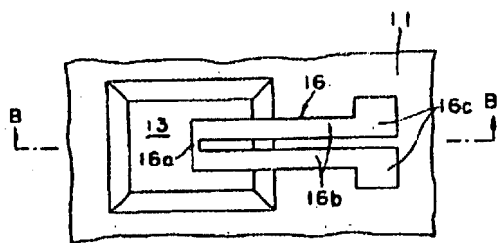


Figure 9

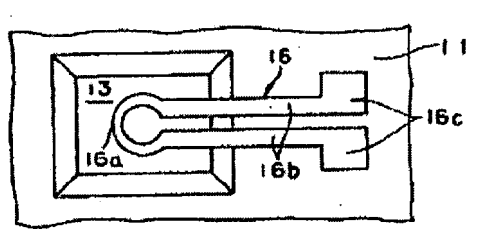


Figure 10

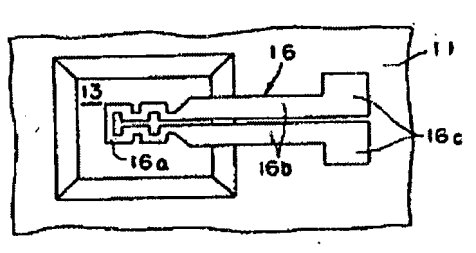


Figure 11

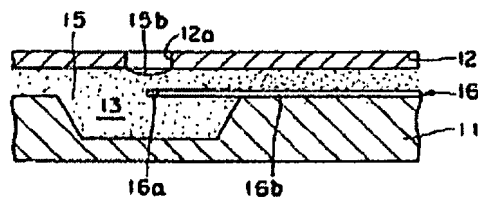


Figure 12

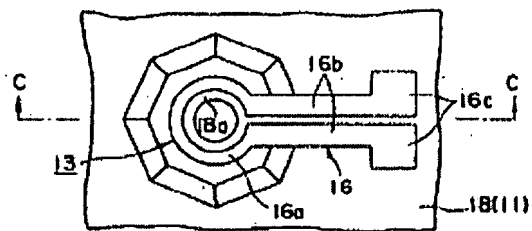


Figure 13

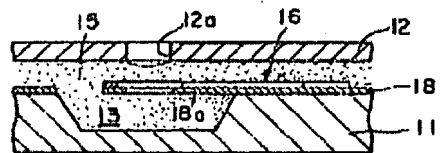


Figure 14

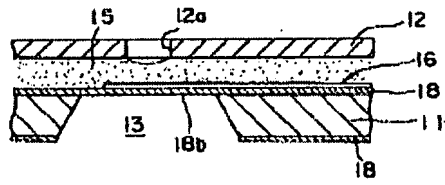


Figure 15

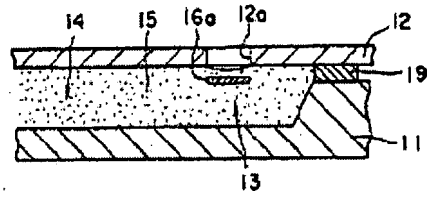


Figure 16

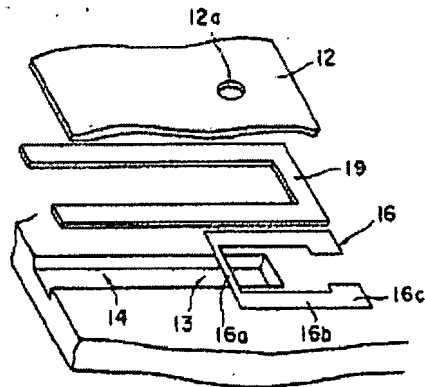


Figure 17

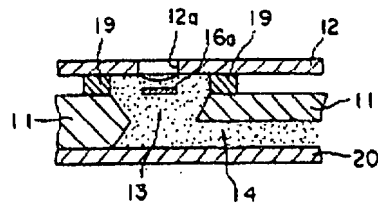


Figure 18

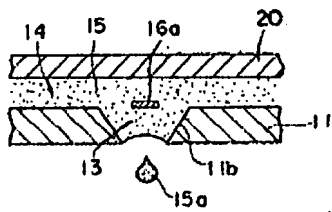


Figure 19

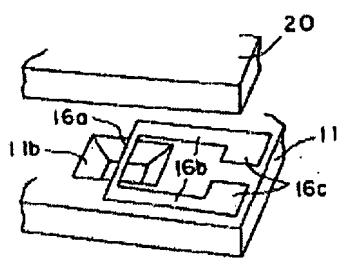


Figure 20

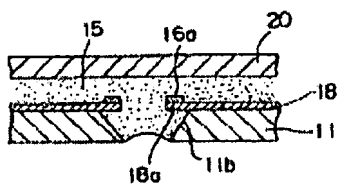


Figure 21

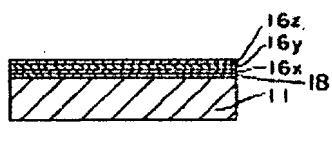


Figure 22a

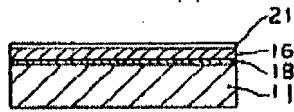


Figure 22b

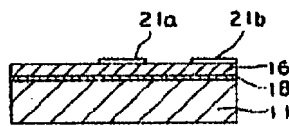


Figure 22c

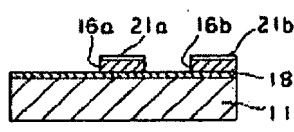


Figure 22d

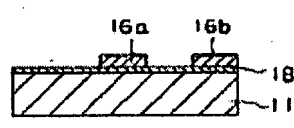


Figure 22e

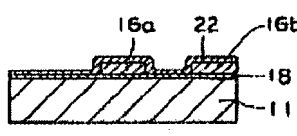


Figure 22f

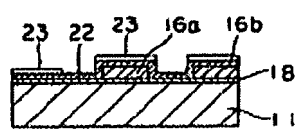


Figure 22g

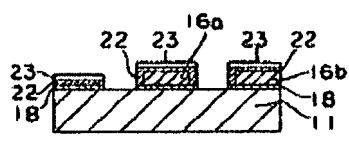


Figure 22h

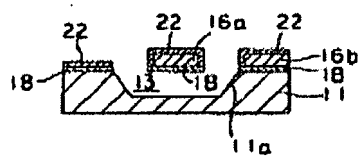


Figure 22i

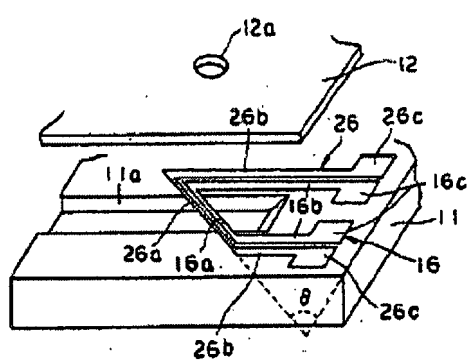


Figure 23

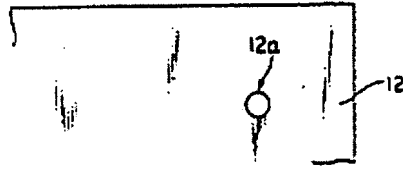


Figure 24

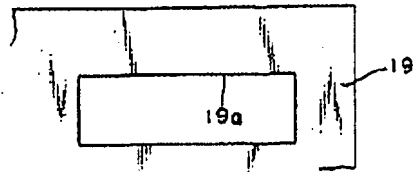


Figure 25

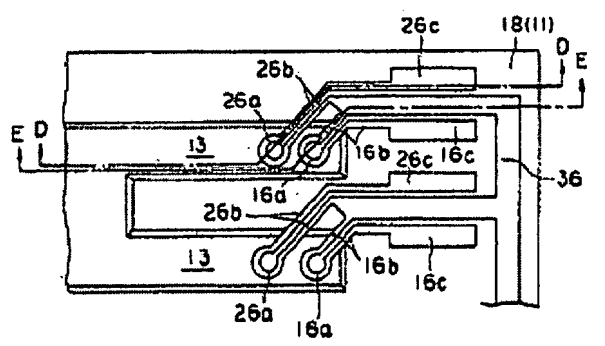


Figure 26

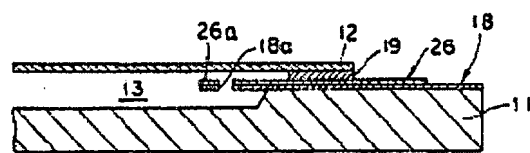


Figure 27

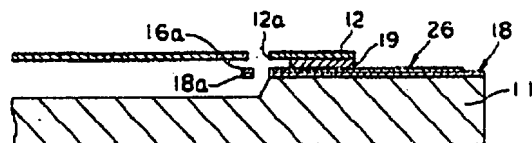


Figure 28

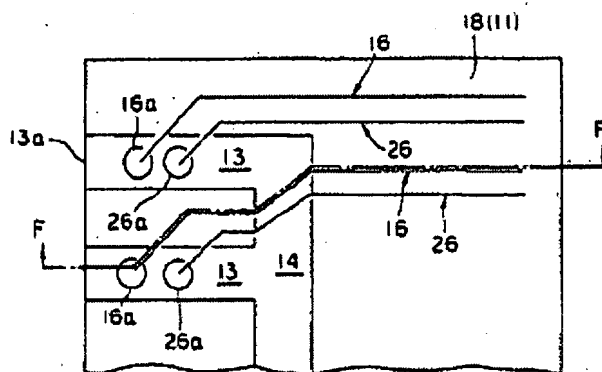


Figure 29

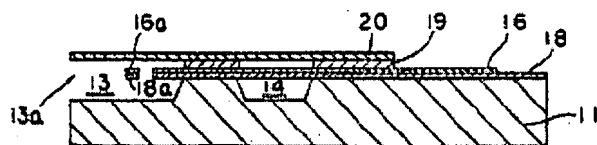


Figure 30



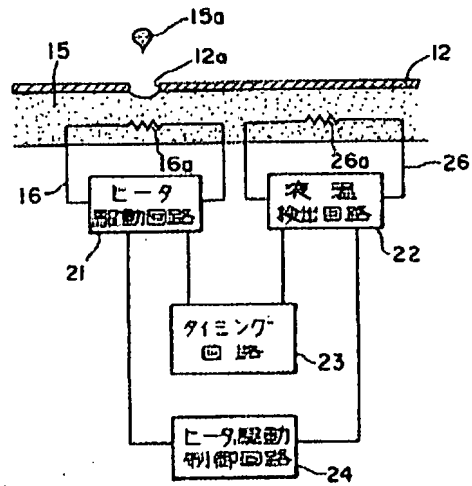


Figure 31

- Key: 21 Heater driver  
 22 Liquid temperature detector  
 23 Timing circuit  
 24 Heater driving controller

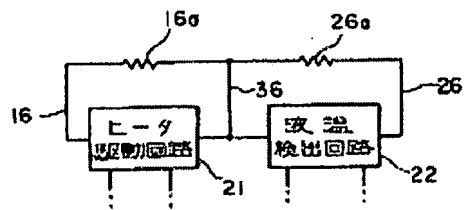
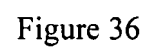
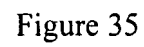
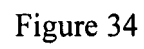
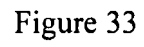


Figure 32

- Key: 21 Heater driver  
 22 Liquid temperature detector



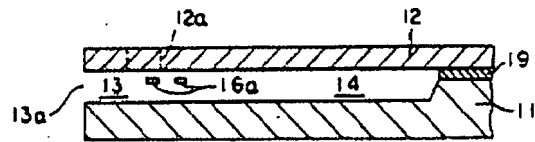


Figure 37

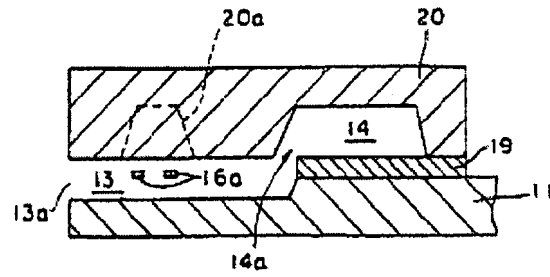


Figure 38

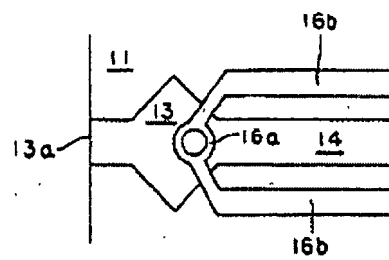


Figure 39

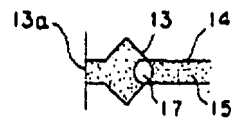


Figure 40a

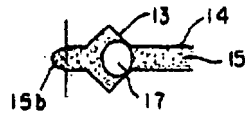


Figure 40b



Figure 40c

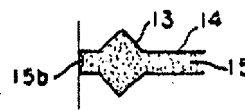


Figure 40d

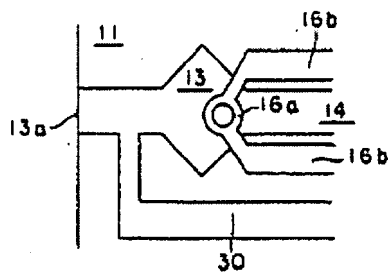


Figure 41

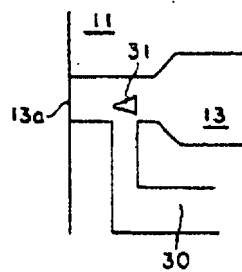


Figure 42

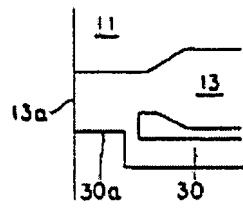


Figure 43

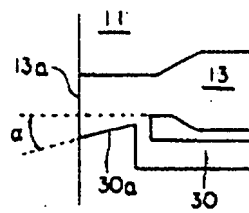


Figure 44

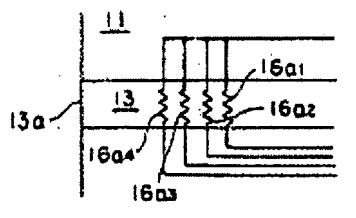


Figure 45

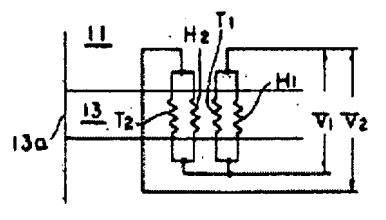


Figure 46

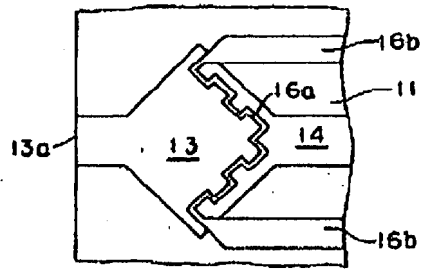


Figure 47

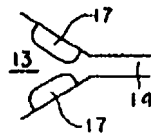


Figure 48a

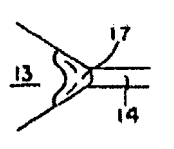


Figure 48b

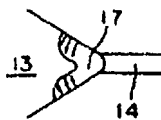


Figure 48c

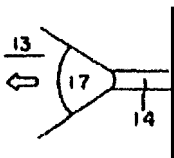


Figure 48d

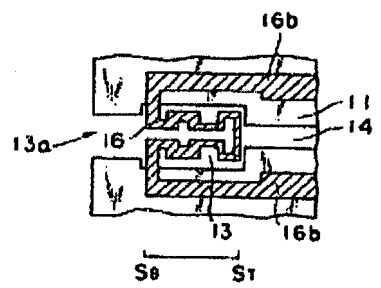


Figure 49

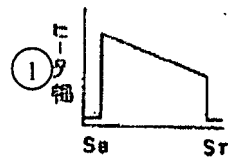


Figure 50a

Key: 1 Heater width

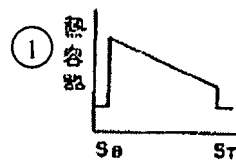


Figure 50b

Key: 1 Thermal capacity

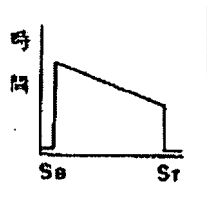


Figure 50c

Key: 1 Time

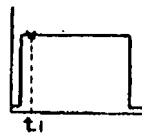


Figure 51a

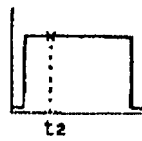


Figure 51b

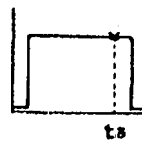


Figure 51c



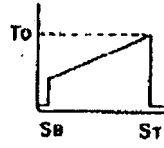


Figure 52a

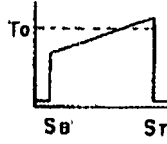


Figure 52b

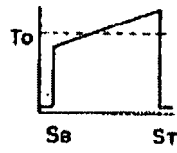


Figure 52c



Figure 53a

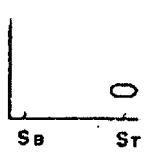


Figure 53b



Figure 53c